VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

ORGANBILDUNG UND WACHSTHUM

AM VEGETATIONSPUNKT DORSIVENTRALER FARNE.

Habilitationsschrift

der

philosophischen Facultät

der

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

vorgelegt von

Dr. Ludwig Klein
aus Wertheim a. Main.

Hierzu eine Tafel.

1885.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550827_0098

Vergleichende Untersuchungen

über

Organbildung und Wachsthum

am Vegetationspunkt dorsiventraler Farne.

Die grundlegenden Untersuchungen Hofmeister's[1]) sind auch heute noch die einzige Quelle, auf die sich die Darstellung des Scheitelzellwachsthums der Farne in sämmtlichen modernen Lehr- und Handbüchern stützt. Während man sich die grösste Mühe gegeben, analoge Scheitelzellen bei Gymnospermen und Angiospermen zu finden, ist es eigenthümlicher Weise niemand eingefallen, die Farne nochmals zu untersuchen und die Hofmeister'schen Resultate auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Gelegentlich früherer Untersuchungen über den Bau einiger Farne[2]) war ich auf Widersprüche mit den Hofmeister'schen Angaben gestossen und nahm mir schon damals eine eingehendere Revision der betreffenden Fragen vor. Das Zusammenbringen eines einigermaassen genügenden Materials verzögerte indess bis jetzt den Abschluss dieser Arbeit, deren wesentliche Resultate ich in Folgendem kurz mittheile.

Die Gesichtspunkte, die mich bei meiner Arbeit leiteten, waren: Gestalt, Orientirung und Theilungsweise der Scheitelzelle, Entstehungsort, Entstehungsweise und erste Segmentirungen der Blätter und Seitensprosse, schliesslich die Beobachtung der eventuellen Veränderungen des Stammscheitels unserer beiden einheimischen Formen *Polypodium vulgare* und *Pteris aquilina* in Bezug auf obige Punkte während der Dauer einer Vegetationsperiode. Dazu kamen dann noch Studien über die Vertheilung des Wachsthums am Vegetationspunkt.

[1]) Abhandlungen der königl. sächs. Ges. der Wiss. Bd. V.

[2]) Nova Acta der kais. Leop.-Carol.-Deutschen Adkaemie d. Naturforscher. Bd. XLII. 1881. p. 633 ff.

Ich hatte Gelegenheit, im Ganzen 19 Genera mit zusammen 50 Species zu untersuchen, deren Aufzählung am Schlusse gegeben werden soll.

Für die dorsiventralen Farne wird heute, der Autorität Hofmeister's folgend, eine meist zweischneidige Stammscheitelzelle angegeben. So schreibt z. B. Lürssen (med.-pharm. Bot. I. S. 505): »Zweischneidig keilförmig, die Segmente in zwei Reihen nach rechts und links abschneidend, ist dieselbe bei *Pteris aquilina*, *Polypodium aureum*, *P. punctulatum*, *P. rupestre*, *Platycerium alcicorne*, überhaupt vielleicht bei den meisten Arten mit kriechendem, bilateralem Stamme und zweizeiligen Blättern, von denen jedoch unser *Polypodium vulgare* und *Phegopteris Dryopteris* nach Hofmeister bald eine zweischneidige, bald eine tetraedrische Scheitelzelle besitzen.« Aehnlich die übrigen Autoren.

Ueber die Orientirung sagt Hofmeister (Allg. Morphol. S. 604): »Diese keilähnlich zweiflächig zugeschärfte Zelle steht mit ihrem grössten Durchmesser einer durch die Stammaxe gelegten Verticalebene parallel bei *Pteris aquilina*, zu dieser Ebene senkrecht bei den Polypodien« (conf. Taf. 4, Fig. 26, Taf. IX, Fig. 12, 2, 15, 16, 17 im Bd. V der Abhandl. der königl. sächs. Ges. der Wiss.).

Mit alleiniger Ausnahme von *Pteris aquilina* fand ich bei sämmtlichen Formen, die mir vorlagen, eine dreischneidige Stammscheitelzelle, gerade wie bei den spiralig beblätterten Farnen; und zwar glich sie bei allen in jeder Beziehung so vollständig der von *Polypodium vulgare*, dass ich diese für die nun zunächst folgende Darstellung der allgemeinen Verhältnisse als typisches Beispiel wählen kann. Es ist dies um so günstiger, als hier die

Scheitelzelle besonders gross ist und mir die Pflanze in unbegrenzter Menge zu Gebote stand, so dass Irrthümer, die ungenügendem Beweismaterial entspringen, hier wohl vermieden sein dürften. Unter ca. 300 Stammscheitelzellen fand ich nur einige wenige scheinbar zweischneidige, deren zwei extremste Fälle in Fig. 8 und 9 dargestellt sind. Indess kann offenbar die momentan sich zeigende Gestalt nicht allein den Charakter bestimmen, sondern man muss stets noch die Segmentfolge, die ein untrügliches Mittel an die Hand gibt, berücksichtigen. Diese zeigt uns bei Fig. 9 ganz deutlich das Zustandekommen der scheinbaren Zweischneidigkeit durch eine abnorm gestellte Wand, während Fig. 8 sich durch aussergewöhnlich starkes Wachsthum des drittjüngsten Segmentes erklären lässt und schon die nächste auftretende Scheidewand (eventuell auch erst die zweitnächste) der zweischneidigen Herrlichkeit ein Ende macht, wie dies in Fig. 12 durch die Wand 3 factisch geschehen. Ich kann mir den Hofmeister'schen Irrthum nur so erklären, dass er mitunter die Stammscheitelzelle mit der allerdings stets zweischneidigen Blattscheitelzelle verwechselte, indem er sich an Präparaten, die nur Blattscheitelzellen enthielten, durch den Reichthum an Scheitelzellen irreführen liess; — die drei jüngsten Blattanlagen in einem und demselben Präparate zu bekommen, ist nämlich etwas ganz gewöhnliches. Dafür scheint mir auch noch die eigenthümliche, von ihm angegebene Orientirung zu sprechen: man denke sich z. B. Fig. 15 ohne den die Stammscheitelzelle enthaltenden Theil.

Die Stammscheitelzelle und das jüngste Blatt von *Polypodium vulgare* und den meisten anderen untersuchten Formen stehen als äusserst flach gewölbte kleine Höcker in einer, dem Rhizomende eingesenkten, ebenfalls ziemlich flachen, uhrglasförmigen Grube und sind ausserdem durch dichtgedrängte, convergirende junge Spreuschuppen geschützt; nur bei einzelnen Rhizomen von *Oleandra* fand ich den Vegetationspunkt gerade wie bei *Pteris aquilina* in eine tiefe enge, durch Spreuhaare und Schleim verklebte, nahezu cylindrische Grube eingesenkt, während er bei der Mehrzahl dieselbe Stellung, wie bei *Polypodium vulgare* einnahm. Die Davallien dagegen trugen die Stammscheitelzelle mit ihren drei jüngsten Segmenten als conischen Höcker auf dem verjüngten Rhizomende, nur durch die, allerdings sehr festen, Spreuschuppen geschützt.

In der Flächenansicht erscheint die Stammscheitelzelle als nahezu gleichseitiges oder, mitunter ziemlich spitzwinkeliges, gleichschenkeliges, häufig auch als ungleichseitiges Dreieck mit gekrümmten Seiten; die dem zweit- und drittjüngsten Segment anliegenden Wände sind häufig da, wo die erste Antikline ansetzt, geknickt.

Eine bestimmte Orientirung kommt der Stammscheitelzelle nicht zu, doch steht in der Regel eine Ecke nach oben, fast stets mehr oder minder nach rechts oder links verschoben.

Die Grösse der Stammscheitelzelle, zunächst natürlich abhängig vom Alter des jüngsten Segmentes — kurz vor der Abscheidung ist sie selbstverständlich viel grösser, wie direct nachher —, wechselt sehr. Bei kräftigen Rhizomen ist sie durchweg grösser, als bei schwächlichen oder jungen; ja bei den dicken Stämmen von *Polypodium quercifolium*, *Heracleum*, *aureum* u. dgl. wird sie bis zu drei Mal so gross, wie bei dünnen und jungen dieser Pflanzen. Die relativ, wie absolut grösste besitzt *Polypodium vulgare*, die umgebenden Zellen mit alleiniger Ausnahme des wenig- oder ungetheilten jüngsten Segmentes meist weit übertreffend. Hier ist bei gesunden, starken Exemplaren ihr grösster Durchmesser im Mittel 60—70 μ; doch sind auch 80, 85 μ (Fig. 15) keine Seltenheit, nur einmal mass ich, bei noch ungetheiltem jüngtem Segment, sogar 90 μ.

In der Richtung der Segmentumgänge, von denen sich an guten Präparaten zwei, also sechs Segmente, vollständig verfolgen lassen, indess derart, dass die äusseren Segmentgrenzen im zweiten Umgang nicht mehr zu bestimmen, resp. nicht mehr zu sehen sind, herrscht kein bestimmtes Gesetz, doch sind die linksumläufigen, entgegengesetzt dem Zeiger der Uhr, häufiger wie die rechtsumläufigen.

Die erste Scheidewand des jungen Segmentes ist in der Regel eine Perikline (auf die Oberflächenansicht bezogen; im Scheitelkörper ist sie natürlich auch Antikline), der in der äusseren dadurch abgeschiedenen Zelle gewöhnlich eine Antikline folgt (Fig. 1 in den drei ersten Segmenten). Die weitere Theilung erfolgt dann regellos durch Peri- und Antiklinen, doch treten nicht selten, namentlich unter den ersten Wänden, schiefe auf, mit

dem einen Ende an eine Perikline, mit dem anderen an eine Antikline ansetzend. Ziemlich häufig ist die erste Scheidewand auch eine Antikline (Fig. 17), der bisweilen eine zweite folgt. Von vorn herein ganz unregelmässige Theilungen, wie in dem drittjüngsten Segment von Fig. 4, sind selten.

Schliesslich kommt noch durch unregelmässige Segmentirung, wie eine pseudozweischneidige, gelegentlich vorübergehend auch eine vierschneidige Stammscheitelzelle vor, cf. Fig. 18 von *Polypodium Heracleum* und Fig. 20 von *Polypodium lycopodioides*. Sie kommt dadurch zu Stande, dass an Stelle eines Segmentes zwei, nahezu rechtwinkelig auf einander stehende, auftreten, so bei Fig. 18, wo die an das jüngste Segment grenzende Wand 5 so gross geworden als die beiden nächst älteren 6 und 7 zusammen — bei 20 ist eine derartige Veranlassung, falls man es so nennen will, allerdings nicht vorhanden —; doch stellt schon die, das zweitnächst darauf folgende Segment abschneidende Wand 1 die normale dreischneidige Scheitelzelle wieder her.

Bei *Pteris aquilina* allein fand ich, wie schon erwähnt, eine zweischneidige Stammscheitelzelle, in der von Hofmeister angegebenen Weise orientirt. Abweichungen von der typischen Gestalt sind hier ungleich zahlreicher, als bei der dreischneidigen und Bilder, wie sie z. B. Fig. 24 und 28 aufweisen, sind durchaus nicht allzu häufig. Die Grössenverhältnisse sind, gerade wie dort, ziemlichen Schwankungen unterworfen. Der Längsdurchmesser ist gewöhnlich etwa vier Mal so gross, wie der Querdurchmesser; doch kommen daneben noch zahlreiche schlankere wie dickere vor. Als Durchschnittsgrösse kann man etwa 80 : 20 bis 90 : 25 μ annehmen.

Die tiefe, anfangs cylindrische Grube, auf deren Grunde der Vegetationspunkt sitzt, verjüngt sich nach hinten und zeigt schliesslich einen unregelmässig elliptischen, je nach der Entfernung des jüngsten Blattes von der Stammscheitelzelle mehr oder minder langgestreckten Querschnitt, dessen Längsdurchmesser mit der Horizontalen meist einen Winkel bildet (Fig. 23).

Die, der Form der Scheitelzelle entsprechend, langen und schmalen Segmente werden äusserst langsam nach einander abgeschieden und zeigen ziemlich verschiedene Grösse. Die beiden jüngsten lassen sich an guten Präparaten meist noch vollständig verfolgen, selten das dritte, da dessen nach oben und unten liegende Enden gewöhnlich, ebenso wie die des häufig ebenfalls noch erkennbaren vierten bereits in Dauergewebe übergegangen sind. Nach der das jüngste Blatt enthaltenden Seite hin ist stets die Mitte eines oder einiger (?) noch älteren Segmente in meristematischem Zustande erhalten, Segmentgrenzen indess nicht mehr scharf und unzweideutig zu erkennen.

In dem jungen schmalen Segment treten zunächst zwei bis drei Antiklinen auf (Fig. 24, 26, 32, 35), worauf die so entstandenen Zellen sich, indess ohne bestimmte Reihenfolge, durch je eine Perikline theilen (Fig. 28); mitunter folgen auch die Periklinen schon auf die erste Antikline (Fig. 27, 34). Im weiteren Theilungsverlauf durch Anti- und Periklinen lässt sich eine bestimmte Gesetzmässigkeit nicht mehr erkennen.

Unregelmässige Segmentirung, abweichend von dem zweischneidigen Typus, der nur abwechselnde Segmente nach rechts und links kennt, ist hier ausserordentlich häufig, so häufig, dass sie wohl an jedem Scheitel sich vorübergehend gelegentlich einmal zeigen dürfte. Durch Auftreten von zwei Segmenten an Stelle eines einzigen wird, wie bei *Polypodium vulgare* etc. eine zeitweis vierschneidige, hier eine zeitweis dreischneidige Stammscheitelzelle gebildet (Fig. 30, 23, 36, 38), einmal (Fig. 31) fand ich selbst eine zeitweis vierschneidige (zwischen der dritt-, viert-, fünft- und sechstjüngsten Hauptscheidewand), indem das zweitjüngste Segment gar durch drei ersetzt ist. Einen plausibeln Grund für diese eigenthümlichen Abweichungen vom Schema konnte ich durchaus nicht entdecken. Fig. 27 zeigt schliesslich, wie aus der dreischneidigen Scheitelzelle (zwischen der viert-, fünft- und sechstjüngsten Hauptscheidewand) sehr bald wieder die zweischneidige hergestellt wird. Ausserdem schliesst auch bei allen anderen die ganze Constellation der Segmente am Vegetationspunkt die Annahme einer dauernd dreischneidigen Scheitelzelle aus.

Die Entstehung der Blätter werde ich, da eine Reihe anderer Fragen damit zusammenhängt, etwas später behandeln und wende mich zunächst zur Entstehung der Seitensprosse.

Mettenius gibt in seiner Arbeit »Ueber Seitenknospen bei den Farnen«[1]) sich die

[1]) Abhandl. d. königl. sächs. Ges. der Wiss. Bd. 7. S. 611 ff.

grösste Mühe, dieselben in das den höheren Pflanzen entlehnte axilläre Schema einzuzwängen, obwohl sie sich überall, nur nicht da, wo sie sein sollten, das ist in den Blattachseln, befanden. Mit Ausnahme von *Pteris*, wo sie am Grunde des Blattstieles stehen und, wie Hofmeister (Abh. d. k. s. Ges. d. W. Bd. 5) nachwies, auch aus einer oberflächlichen Zelle der jungen Blattanlage entstehen, so dass ich hier gegen ihre »Blattbürtigkeit« selbstverständlich nichts einzuwenden habe, wohl aber gegen die Axillarität, da sie leider auf der verkehrten Seite stehen, finden sie sich in den von mir untersuchten Fällen durchweg zwischen zwei auf einander folgenden Blättern derselben Blattzeile, in der Regel etwas tiefer dem Stamme inserirt und meist in der Mitte des Internodiums. Bei *Oleandra* standen sie ziemlich regellos, bald höher, bald tiefer, selbst auf der Bauchseite, doch dürften bei diesem vielfach gewundenen kletternden Rhizom leicht Torsionen mit ins Spiel kommen.

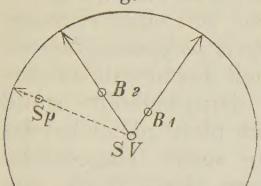
Auf einem Internodium fand ich in der Regel nur einen Spross, sehr selten, bei besonders kräftigen Pflanzen wie *Polypodium Heracleum* mit einzeiliger Blattstellung zwei, derart, dass der eine auf der rechten, der andere auf der linken Seite stand [1]). Dieser eine war auch fast stets vorhanden. (Meine früher l. c. S. 379 ausgesprochene Ansicht, dass Seitensprosse bei *Polypodium vulgare* häufig auf kürzeren und selbst längeren Strecken gänzlich fehlen, nehme ich hiermit zurück.) Freilich ist das Aussehen dieser Sprosse selbst bei der gleichen Pflanze ein sehr verschiedenes: wo sie als mehr oder minder grosse, halbkugelige Höcker hervortreten, sind sie nicht zu übersehen. Vielfach aber sistiren sie ihre Weiterentwickelung schon sehr frühe und sind dann nur zu finden, wenn man genau die Stelle, an der sie aufzutreten pflegen, kennt. Mit blossem Auge betrachtet, erscheinen sie nach Entfernung der sie gänzlich verdeckenden Spreuschuppen als winziges, röthlich oder bräunlich gefärbtes Pünktchen, das sich nur bei mikroskopischer Betrachtung als Vegetationspunkt zu erkennen gibt. Solche mikroskopische Seitensprosse fand ich aber fast ausnahmslos da, wo stärker entwickelte fehlen und bin darum der Ansicht, dass sie regelmässig, mit den Blättern alternirend, auftreten und in den vereinzelten Fällen, wo sie nicht gefunden wurden, entweder übersehen oder bereits sehr frühzeitig abgestorben sind.

Ich glaube nun, die Frage nach der Anlage dieser Gebilde lässt sich, wenn man nur vorurtheilsfrei vorgeht, hier, wo sowohl Blatt, wie Seitenspross aus einer einzigen oberflächlichen Initiale ihren Ursprung nehmen, mit voller Schärfe, so sicher wie kaum anderswo, entscheiden, wofern man nur Blatt und Seitenspross bis auf ihre Initiale zurückverfolgen kann; und das bietet weiter keine Schwierigkeit. Als zum Blatte gehörig im genetischen Sinne ist dann natürlich nur das aufzufassen, was aus der Blattinitiale, resp. ihren Derivaten sich entwickelt, und das thut der Seitenspross niemals, sondern sein Entstehungsort ist sogar räumlich relativ weit entfernt von dem des Blattes. Wie die jungen Blätter werden auch die Seitensprosse bereits am Stammvegetationspunkt angelegt, aber unter einem beträchtlich grösseren Divergenzwinkel gegen die senkrechte Symmetrieebene (cf. Fig. 7 (?), 12, 14 *ss*), indess lässt sich ihre erste Anlage nur sehr selten einwurfsfrei angeben, auch an sonst sehr günstigen Präparaten (cf. d. übr. Fig.) und zwar deshalb, weil die Scheitelzelle des ganz jungen Seitensprosses sich nur ausnahmsweise durch hervorragende Grösse vor ihrer Umgebung von vorn herein auszeichnet und es seine sehr bedenklichen Seiten haben dürfte, einfach eine dreieckige Zelle, an der ein oder zwei Segmente anliegen, auch gleich als Scheitelzelle anzusehen. Solche Zellen sind an guten Präparaten mit Leichtigkeit zu finden und meist in grösserer Zahl als wünschenswerth. Eine Betrachtung der jungen Seitensprossanlagen (Fig. 13) zeigt, dass man auf diese Weise hier ohne Mühe noch neun weitere »Scheitelzellen« entdecken kann. Mit völliger Sicherheit documentirt sich der junge Seitenspross in der Regel erst dann, wenn nach Bildung mehrerer Segmente eine Anzahl der äusseren Zellen zu convergirenden Spreuhaaren auszuwachsen beginnt, so das Bild des Stammvegetationspunktes im Kleinen wiederholt und auch das Auffinden der eigentlichen Scheitelzelle, die stets eine centrale Stellung einnimmt, erleichtert, was ohne diese Hülfe mitunter, wie Fig. 13 lehrt, recht schwer sein dürfte. Diese Abbildung ist die meines besten Präparates einer, nach der Stammscheitelzelle orientirten, jungen Seitensprossanlage, die von einem kräftigen Vege-

[1]) cf. Nova Acta l. c. Taf. 2. Fig. 21.

tationspunkt mit drei Blattanlagen im gleichen Schnitt mit diesen gewonnen wurde und von dem nächsten Blatt, das etwa wie das zweitjüngste in Fig. 15 entwickelt war, und bis auf seine Initiale sich zurückverfolgen liess, bereits durch eine breite Rindenschicht getrennt war (cf. in meiner früheren Arbeit [l. c.] Taf. 3, Fig. 11 u. Taf. 4, Fig. 11 u. 12, wo freilich nicht bis auf die Blattinitiale zurückgegangen werden konnte).

Fig. I.



Blatt und Seitenspross sind also durchaus selbständig entstehende, von einander unabhängige Gebilde, und von »Tragblatt«, »axillärer Verzweigung« zu reden, hat hier gar keinen Sinn.

Im Laufe der Weiterentwickelung nimmt allmählich die Scheitelzelle des Sprosses an Grösse zu, bleibt aber fast stets viel kleiner, als die des continuirlich weiterwachsenden Stammvegetationspunktes. Sehr häufig besitzt sie in älteren Stadien, durch unregelmässiges Wachsthum der Segmente verzerrt, eine mehr oder minder abnorme Gestalt und ist bisweilen kaum noch als Scheitelzelle zu erkennen. Nach Anlage von ein bis zwei Blättern sistiren die Seitenknospen ihr Wachsthum, bewahren aber als ruhende Knospen ihre Weiterentwickelungsfähigkeit. Geht die Stammscheitelzelle zu Grunde, so wachsen stets einige zu neuen Stämmen aus. Wird das Rhizom sehr lang, so kommt in der Regel eine Verzweigung durch Auswachsen einiger, meist von der Spitze ziemlich entfernter Knospen zu Stande, indess entwickelt sich gelegentlich auch die eine oder andere, dem unverletzten Stammvegetationspunkt benachbarte, continuirlich.

In der Anlage und Anfangsentwickelung der Blätter stimmten sämmtliche untersuchten Farne, *Pteris* eingeschlossen, so völlig überein, dass sie wiederum gemeinsam abgehandelt werden können. Die Initiale, aus der das Blatt hervorgeht, ist anfänglich eine gewöhnliche, durch Grösse nur wenig vor der Umgebung ausgezeichnete, aber mit der Aussenfläche etwas stärker herausgewölbte Zelle der Oberflächenschicht. Zunächst bleibt sie eine Zeit lang, während das umgebende Gewebe sich weiter theilt, ungetheilt (Fig. 35, Fig. 1) oder theilt sich im Gegensatz zu der sonstigen Theilungsweise in sehr ungleich grosse Hälften (Fig. 4, *5*, *6*, 7, 14, 34). Ueber diese ersten einleitenden Theilungen lässt sich natürlich streiten, da man ebenso gut die Zelle erst von dem Moment an, wo die für die Constituirung der Scheitelzelle charakteristischen Wände auftreten, als Initiale auffassen kann; doch scheint mir ersteres vorzuziehen. Ist dann die Initiale zu einer gewissen, übrigens ziemlich wechselnden Grösse herangewachsen, so erfolgt die Bildung der Scheitelzelle in der Regel rasch durch zwei gegen einander gekrümmte parabolische Wände (Fig. 4, 5, 12, 15, 24, 33). — Ob, wie Hofmeister will (l. c. S. 652), durch die erste (Fig. 6) dieser Wände die Initiale in eine Stipes- und Laminahälfte zerlegt wird, scheint mir zum mindesten noch sehr problematisch zu sein. — In der Folge treten dann regelmässig abwechselnd rechts und links gerichtete Hauptscheidewände auf und die weitere Theilung der Segmente, wie die Gesammtweiterentwickelung vollzieht sich in der von Sadebeck[1]) geschilderten Weise. Sehr häufig führen aber diese ersten beiden Wände noch nicht sofort zur Bildung der zweischneidigen Blattscheitelzelle, sondern, wenn die zweite Wand nur mit der einen Seite an die erste stösst, zunächst zu einer dreischneidigen (Fig. 2, 7, 21, 23, 26, 36); die mitunter, namentlich wenn sie nahezu gleichseitig, sich längere Zeit erhalten kann (Fig. 11, 22), später indess immer in die zweischneidige Form übergeht. Bei dem zweitältesten Blatt habe ich niemals mehr eine dreischneidige gefunden. Diesen Uebergang veranschaulicht Fig. 10, wo sich die durch die Wand 5 und 6 eingeschlossene dreischneidige Scheitelzelle, nur nach zwei Seiten Segmente abscheidend, zwischen 5 und 4, 4 und 3 der Zweischneidigkeit immer mehr nähert und zwischen 3 und 2 dann wirklich zweischneidig geworden ist.

Die Blattinitialen, wie die der Sprosse, stehen stets deutlich dorsal und bestätigen meine früher (l. c. S. 389, wo aber die Untersuchung nicht so weit zurückgriff) ausgesprochene Behauptung, dass diese Organe von der ersten Anlage an (in der Verticalprojection) geradlinig an ihre Stelle rücken, die Pflanzen also ab initio dorsiventral verzweigt sind. Das

[1]) Verhandl. d. bot. Vereins der Provinz Brandenburg. Bd. XV.

gleiche gilt für *Pteris*, nur werden hier nicht selten Blätter von vorn herein genau seitlich angelegt (cf. Fig. 24, 33, 34, 36, 37), und sind dann dem entsprechend in entwickeltem Zustande auf den Flanken des Stammes inserirt. Dieselben aber dann, wie ich dies früher irrthümlicher Weise gethan, als radiär aufzufassen, liegt gar kein Grund vor, da dies nur dann einen Sinn hätte, wenn sämmtliche Blätter radiär entstünden, was aber niemals der Fall, denn das zweitjüngste Blatt stand in Fällen, wie der obige ausnahmslos wieder dorsal. Die Blätter von *Pteris* entstehen eben einfach nicht unter dem stets gleichen Divergenzwinkel mit der Symmetrieebene.

Der Längsdurchmesser der jungen Blattscheitelzelle fällt stets ungefähr mit der Ebene der betreffenden Blattzeile zusammen, mit Ausnahme von *Pteris aquilina*, wo seine Verlängerung die (senkrechte) Symmetrieebene oberhalb der (horizontalen) Dorsiventralitätsebene unter einem mehr oder minder spitzen Winkel schneidet.

Bei *Pteris aquilina*, wo beide Scheitelzellen zweischneidig, unterscheidet sich die des Blattes von vorn herein durch stärker gewölbte Seitenwände. Das Verhältniss zwischen Quer- und Längsdurchmesser schwankt zwischen 1 : 2; 2 : 3; 3 : 4, doch kommen auch noch dickere vor, wie folgende Messungen zeigen:

Polypodium vulgare, *Heracleum*, *musaefolium* etc.: 45 : 90 μ, 50 : 100, 55 : 100, 60 : 110, 55 : 90, 60 : 100, 45 : 70, 60 : 90, 50 : 85, 70 : 100, 45 : 60, 55 : 85, 55 : 75, 55 : 70, 70 : 95, 70 : 90, 75 : 90, 85 : 90, 70 : 80 etc.

Pteris aquilina: 30 : 65 μ, 35 : 80, 30 : 70, 40 : 80, 50 : 100, 35 : 60, 30 : 55, 45 : 85, 50 : 90, 55 : 90, 50 : 85, 35 : 55 etc. (vergl. damit die Hofmeister'schen Messungen bei spiralig beblätterten Farnen l. c. S. 637 ff.).

Nachdem die Blattinitiale bis zur Constituirung der zweischneidigen Scheitelzelle verfolgt ist, bleibt noch die Frage nach der Beziehung der Blattanlagen zu den Segmenten der Stammscheitelzelle zu erörtern. Auf einen bestimmten Theil eines Segmentes, Wand für Wand, wie bei *Equisetum*, *Marsilia*, *Salvinia*, *Azolla* und vielen Moosen lässt sie sich hier allerdings nicht mehr zurückverfolgen. Die Frage reducirt sich darum auf folgende zwei: in welcher Entfernung von der Stammscheitelzelle resp. im wievielten Segment ist die Blattinitiale deutlich als solche zu erkennen; dann: erzeugt jedes Segment ein Blatt?

Unter circa 100 Präparaten von Formen mit dreischneidiger Stammscheitelzelle, an denen sich die Segmentirung bis zur jüngsten Blattanlage verfolgen liess, fand ich eine solche niemals im ersten Segmentumgang (den drei jüngsten Segmenten), mit einer einzigen Ausnahme von *Phegopteris polypodioides*, wo sie in dem äusseren Theil des bereits aussergewöhnlich grossen, drittjüngsten stand (Fig. 21), indess räumlich nicht näher bei der Stammscheitelzelle, wie sonst. Ungetheilte Initialen fand ich erst im viert-, fünft- und sogar noch im sechstjüngsten Segment (cf. Fig. 1, 2?, 14?), getheilte Initialen und junge Blattscheitelzellen in 31 beliebig herausgegriffenen Präparaten 16 Mal im vierten, 9 Mal im fünften und 6 Mal im sechsten. Bei *Pteris aquilina* die einzige ungetheilte Initiale im dritten Segment (Fig. 35), vorgeschrittenere jüngste Blattanlagen 5 Mal im dritten (stets ziemlich weit aussen im Segment), 4 Mal im vierten, 1 Mal im fünften (?) und 3 Mal im sechsten (?). In den letzten Fällen wird die Bestimmung wegen des relativ kleinen, noch meristematisch gebliebenen Theiles solcher Segmente durchaus unsicher, da es unmöglich ist, zu entscheiden, ob eine verhältnissmässig nur schwach gebrochene, etwas stärkere Wand eine wirkliche Segmentgrenze, oder nur eine der ersten periklinen Theilungswände im Segment repräsentirt.

Liefert nun jedes Segment ein Blatt? Hofmeister sagt (Allgem. Morphologie. S. 510): »Keine der Gefässpflanzen, deren Axenenden von einer einzigen Scheitelzelle bestimmter Form gekrönt sind, lässt die Annahme zu, dass aus jeder von der Scheitelzelle abgeschiedenen Segmentzelle ein Blatt gebildet werde.« Dabei ist übrigens zu bemerken, dass damals der Vegetationspunkt noch für einen Ort der lebhaftesten (absoluten) Volumzunahme galt und stillschweigend vorausgesetzt wurde, dass die Scheitelzelle im Laufe einer Vegetationsperiode eine grössere Anzahl von Segmenten bilde. Nun nimmt aber im Gegentheil in den successiven Segmenten absolutes Wachsthum wie Häufigkeit der Zelltheilung gegen die Scheitelzelle zu progressiv ab und erreicht in dieser selbst ein Minimum. Weiter kann hier auf diese Verhältnisse noch nicht eingegangen werden, da sie am Schlusse einer eingehenden Discussion unterzogen werden sollen.

Wo sich bei den zwei jüngsten Blattanlagen auch die Nummer des dem älteren derselben

angehörigen Segmentes mit Sicherheit von der Scheitelzelle aus bestimmen liess, was mir an circa 60–70 Präparaten gelang, waren dies jedes Mal zwei auf einander folgende wie z. B. in Fig. 14, 4 und 5 oder wenigstens an einander stossende, wie z. B. 5 und 7 in Fig. 15, durch das auf der Bauchseite liegende Segment 6 in der Reihenfolge getrennt.

Dieser eigenthümliche Umstand lässt es mir nun höchst wahrscheinlich erscheinen, dass jedes Segment der beiden dorsalen Zeilen ein Blatt erzeugt. Ist schon für das jüngste Blatt die äussere Segmentgrenze nicht mehr zu erkennen, die relative Grösse dieses Segmentes also unbekannt, so gilt dies in erhöhtem Maasse für das ihm angrenzende ältere Segment, für dessen Grösse uns, da wir weder die des vorausgehenden, noch die zunehmende Wachsthumsgeschwindigkeit kennen, a priori jeder Maassstab fehlt, so dass die relativ grosse Entfernung des zweiten Blattes vom ersten in Fällen, wo es nicht gelingt, die Segmentnummer zu bestimmen, durchaus nicht als Einwand gelten kann, zumal alle controlirbaren Beobachtungen dafür und keine dagegen sprechen. Die ziemlich entfernte Stellung der entwickelten Blätter ist ebenso wenig ein Gegengrund, denn nichts hindert uns anzunehmen, dass das Wachsthum wie die Segmentabscheidung der Scheitelzelle äusserst langsam vor sich gehe und letztere während der ganzen Dauer der Vegetationsperiode überhaupt nur einige wenige Male stattfinde; ja im Gegentheil, die oben beobachteten Fälle von zwei successiven, jeweils zwei aneinander grenzenden Segmenten angehörigen Blättern zwingen zu dieser Annahme, da die entwickelten Blätter stets gleich weit von einander stehen. Und schliesslich ist die bisherige Anschauung eines schnelleren Wachsthums der Scheitelzelle ja doch nur eine Annahme, die jedes positiven Anhaltes entbehrt. Die Zone des lebhaftesten absoluten Wachsthums, der raschesten Zellvermehrung und zugleich der beginnenden Zellstreckung liegt dann im dritten Segmentumgang, rückwärts von der Scheitelzelle gerechnet; im zweiten stehen die Blätter noch relativ sehr nahe bei einander, während sie im dritten nahezu ihren definitiven Abstand erreichen und im vierten, in dem die Blätter zur Entfaltung kommen, strecken sich die Internodien zu ihrer definitiven Länge. — Hinsichtlich des gegen die Scheitelzelle zu progressiv abnehmenden absoluten Wachsthums verhält sich *Pteris aquilina* genau ebenso; ob aber auch hier jedes Segment ein Blatt erzeugt, lasse ich dahingestellt, denn dafür wie dagegen fehlt mir jeder positive Anhaltspunkt und ich würde mich somit auf rein hypothetisches Gebiet begeben.

Theilt sich nun die Stammscheitelzelle im Laufe der Vegetationsperiode nur einige wenige Male, so bietet dann auch die Erklärung der Bilder keine weitere Schwierigkeit, die ich von Mitte März bis Mitte November bei successiven Beobachtungen am Vegetationspunkte von *Polypodium vulgare* und *Pteris aquilina* erhielt, die ganz anders ausfielen als ich erwartet und die mir lange unverständlich geblieben waren. Denn wenn die Stammscheitelzelle in dieser Zeit, nach der früheren Annahme, eine grössere Anzahl Segmente bildet, so muss man etwa Folgendes erwarten: Bei *Polypodium vulgare*, wo sich im Frühling und Frühsommer mehrere Blätter entfalten: im Frühjahr mehrere, im Herbst gebildete Blattanlagen, die bald zu vollständigen Blättern sich entfalten, im Sommer eine längere Periode, in welcher der Vegetationspunkt die Stammscheitelzelle anfänglich allein trägt und in der dann in grossen Zwischenräumen, da die Blätter in gleichen Distanzen stehen, einige neue Blätter angelegt werden, so dass wir im Herbste wieder das Frühjahrsbild: zwei bis drei mikroskopische Blattanlagen am Rhizomende finden. Theoretisch ist das so weit ganz schön, in praxi aber nicht der Fall. *Polypodium vulgare* zeigte vielmehr bei kräftigen Stämmen, zu welcher Zeit ich auch das Rhizomende untersuchen mochte, stets das gleiche Bild: oberhalb der Stammscheitelzelle drei, seltener nur zwei mikroskopische Blattanlagen, wovon die jüngste zwar sehr verschiedenes Aussehen zeigte, das zwischen der eben als solche erkennbaren Initiale (Fig. 1) und der ausgebildeten Blattscheitelzelle, die schon einige Segmente abgeschnitten hat (Fig. 3), schwankt, ohne dass sich indess bestimmte Beziehungen dieser Schwankungen zu der Wachsthumsperiode finden lassen, wie denn z. B. obige beiden extremen Beispiele zeitlich sehr nahe Nachbarn sind (28. März und 15. April).

Die Annahme einer grösseren, im Laufe der Vegetationsperiode abgeschiedenen Segmentzahl versetzt uns nun aber in die grösste Verlegenheit, wenn es gilt, diese Vegetations-

punktsbilder zu deuten und mit der thatsächlichen Blattentwickelung in Einklang zu bringen. Die scheinbar zunächst liegende Erklärung, es würden viel mehr Blätter angelegt, als späterhin zur Entfaltung kommen, also jeweils eine Anzahl im Laufe der Weiterentwickelung sehr frühe und spurlos verkümmern, geht nicht an, denn dann dürften an längeren Rhizomstücken die Blätter nicht regelmässig rechts und links abwechseln, sondern es müsste des öftern auf ein linkes direct noch einmal ein linkes, auf ein rechtes direct noch einmal ein rechtes folgen und es müsste ferner der Zwischenraum zwischen den entfalteten Blättern da, wo solche ausgefallen, grösser werden. Dies ist aber niemals der Fall; die zweizeilige Alternation der Blätter ist überall strenge eingehalten, die Blätter oft auf lange Strecken des Rhizoms sämmtlich entwickelt und, wo welche verkümmert sind, lassen sich ihre Reste stets nachweisen und deutlich als solche erkennen; die Länge der Internodien ist im Durchschnitt überall die gleiche.

Entscheiden wir uns dagegen für die Annahme eines äusserst langsamen Wachsthums, einer äusserst langsamen Theilungsgeschwindigkeit der Stammscheitelzelle, derart, dass im Jahre bei einer Entfaltung (Rudimente eingerechnet) von circa zwei bis sechs Blättern die Stammscheitelzelle sich drei bis neun Mal theilt, da die ventralen, blattlosen Segmente noch hinzukommen, entspringt ferner jedem der nach oben liegenden Segmente ein Blatt, dann erklären sich diese Bilder ganz einfach und sie können gar nicht anders sein.

Bei *Pteris aquilina* kommen im Jahre nur ein, höchstens einmal zwei Blätter zur Entfaltung, nach Hofmeister (l. c. S. 627 u. 628) in folgender Weise: »Neue Wedel entstehen gegen Ende der von Anfang April bis October dauernden Vegetationsperiode . . . Die sich fortverlängernde Stammspitze lässt ihn (den jungen Wedel) bald zurück. Indem die vorzeitige Entwickelung ihres Rindengewebes auch an ihrer dem jungen Wedel zugewendeten Seite eintritt, schiebt sich zeitig in den Raum zwischen beiden die wallartige Erhebung des Stammumfanges in Nachbarschaft der Endknospe. Wedel und Stammende, beim Auftreten jenes (des Wedels) von derselben Einsenkung der Rinde umschlossen, stehen jetzt jedes auf dem Grunde einer besonderen trichterförmigen Vertiefung. Im ersten Jahr entwickelt sich der Wedel nicht weiter, als dass er als niedriges, seitlich abgeplattetes, grünliches Wärzchen von Zellgewebe im Grunde einer von der Stammspitze höchstens eine Linie entfernten Einsenkung der Stammrinde erscheint. Während im nächsten Frühling (bis Ende Mai) der Stamm rasch um einen Zoll etwa sich verlängert, bildet sich der später braune Farbe annehmende Theil des Stiels des jungen Wedels: ein bis 2 Zoll hoher, durch starke Krümmung dicht an seiner Einfügungsstelle senkrecht aufgerichteter walziger Körper, dicht mit gelbweissen Spreuhaaren bekleidet. Die weitere Entwickelung des Wedels geht erst im Frühling des dritten Jahres vor sich, zu Ende Mai dessen er zierlich eingerollt (Bischofsstäbe) in allen seinen Theilen vollendet über der Erdoberfläche erscheint.«

Wäre dies vollkommen richtig, so müsste der Stammscheitel von *Pteris* folgendes Bild zeigen: im Frühjahr, da das Blatt sich sehr frühe und rasch zu entfalten beginnt: am Rhizomende das Blatt des nächsten Jahres als kleiner Höcker oder nur mikroskopisch erkennbar, das im Laufe des Sommers sich allmählich zu dem bis 2 Zoll grossen keulenförmigen Gebilde entwickelt, dann der Vegetationspunkt mit der Stammscheitelzelle bis gegen das Ende der Vegetationsperiode von mikroskopischen Blattanlagen entblösst und erst gegen Herbst die Anlage des Blattes des zweitnächsten Jahres.

Nun zeigt aber *Pteris aquilina* fast ausnahmslos zwei mikroskopische Blattanlagen den ganzen Sommer hindurch, von denen die jüngste stets in der gemeinsamen Grube mit der Stammscheitelzelle steht (cf. Fig. 23, 24 Ostern, 25 1. Juni; 35 ff. 29. Juli; 38 1. October).

Mitunter findet sich auch noch das zweite Blatt in der Stammscheitelgrube, doch ist es in der Regel durch eine mehr oder minder breite Schicht von Rindengewebe vom Vegetationspunkte getrennt. Etwas weiter zurück am Rhizomende findet sich in der Mitte und am Ende der Vegetationsperiode das zweitjüngste in der Regel als der oben charakterisirte kleine Höcker und das dritte als das keulenförmige Gebilde; dann erst kommen die ausgebildeten Blätter (cf. z. B. die bei Sachs, Lehrbuch IV. Aufl. S. 423 u. 425; Vorlesungen S. 73 abgebildeten Rhizome).

Die Initiale des jüngsten Blattes, das Ende Juli in der Regel die Constituirung seiner

Scheitelzelle gerade vollendet hat, tritt in der Mehrzahl der Fälle zwischen Anfang Mai bis Anfang Juli als Initiale hervor.

Bei der Erklärung dieser Bilder bringt uns die Hofmeister'sche Anschauung in eine ähnliche Verlegenheit, wie häufige Theilungen der Scheitelzelle bei *Polypodium vulgare*. Wachsen die mikroskopischen Anlagen alle aus, so müssten jedes Jahr zwei Blätter erscheinen, was nicht der Fall, verkümmert das eine, so muss es als Rudiment vorhanden sein oder wenigstens in der Blattfolge eine Störung hervorbringen, was wieder nicht der Fall. Da bleibt meiner Ansicht nach als einfachste Lösung dieses Dilemmas nichts weiter übrig, als anzunehmen, das *Pteris*blatt brauche zu seiner Entwickelung anstatt 3 Jahre, obwohl dies schon lange genug sein dürfte, eben 4 und seine Entwickelung fände folgendermaassen statt:

Im ersten Jahre Anlage in gemeinsamer Grube mit der Stammscheitelzelle; im zweiten allmähliche Entfernung aus der Grube, in der Regel Heranwachsen bis zu dem mit blossem Auge erkennbaren Höcker; im dritten Jahre Entwickelung des Höckers zur Keule im Frühjahr oder, wenn die Anlage noch nicht so weit entwickelt, Bildung des Höckers, der dann im Laufe des Sommers zu derselben auswächst; im vierten Jahre völlige Entfaltung.

Sind bei besonders kräftigen Rhizomen im Frühjahr ausser dem kleinen Höcker noch zwei mikroskopische Blattanlagen vorhanden, so dürften sie in der Regel dem gleichen Jahrgange angehören, also auch sich im gleichen Jahre entfalten. Dasselbe gilt jedenfalls auch für zwei mikroskopische Blattanlagen, von denen die ältere ebenfalls, noch nicht durch Rindengewebe getrennt, in der Grube der Stammscheitelzelle steht.

Mit dieser Auffassung stimmen dann all die verschiedenen Bilder, die der Vegetationspunkt bietet, völlig überein. Das äusserst langsame Wachsthum der Scheitelzelle gilt natürlich für *Pteris aquilina* ebenso gut, wie für *Polypodium vulgare*, dagegen muss ich die Frage, ob pro Jahr nicht mehr wie ein bis zwei Segmente abgeschieden werden, offen lassen, weil eben hier, wo directe Beobachtung unmöglich, weil sich die Segmentnummern zweier successiven Blätter nicht mehr bestimmen liessen, sich nicht mit Bestimmtheit behaupten lässt, dass jedes Segment ein Blatt erzeugt.

Wenn im Vorhergehenden von Wachsthum, Volumzunahme etc. die Rede war, so wurden darunter, wie stets betont, immer die absoluten Grössen verstanden. Relatives und absolutes Wachsthum sind bisher in der Litteratur nicht überall mit wünschenswerther Strenge aus einander gehalten. Dazu kommt dann noch, dass häufig für Wachsthum der Ausdruck Volumzunahme gebraucht und so die Verwirrung nur noch gesteigert wurde. Spricht man von »schnellerem Wachsthum«, so meint man im Allgemeinen die relative Grösse, während man bei »Volumenzunahme« zunächst an die absolute denkt. Dass beide nicht mit einander verwechselt werden dürfen, liegt auf der Hand und Tabelle I zeigt, dass recht wohl in der Scheitelzelle das Maximum des relativen Wachsthums mit dem Minimum des absoluten Hand in Hand gehen könne.

Mit Westermaier[1]) nenne ich die Zeiteinheit, die verfliesst von dem Auftreten einer Segmentwand in der Scheitelzelle bis zur Bildung der nächst folgenden: einen Schritt. Der kurzen Ausdrucksweise halber bezeichne ich direct nach der Theilung (am Anfange eines Schrittes) die Scheitelzelle mit S, die Segmente mit s_1, s_2, s_3 etc.; die Scheitelzelle direct vor der Theilung (am Ende eines Schrittes) mit S_1 $(= S + s_1)$. Handelt es sich nur um das Verhältniss dieser Grössen, so kann ich diese Ausdrücke auch für die jeweils vorhandene Scheitelzelle und die jeweils vorhandenen ersten Segmente setzen, da das Verhältniss, wie eine einfache Ueberlegung zeigt, das gleiche bleibt, vorausgesetzt, dass die Wachsthumsgeschwindigkeit am Vegetationspunkt sich nicht ändert. Haben wir dagegen einen Scheitel mit ungleicher Wachsthumsintensität, so gilt das nicht mehr streng. Ist z. B. das jüngste Segment getheilt (etwa in der Mitte eines Schrittes) und die Wachsthumsintensität des jüngsten Segmentes ist kleiner als die der Scheitelzelle, so erhalte ich für letztere einen etwas zu kleinen Werth; für erstere ebenfalls einen etwas zu kleinen, wenn die Intensität im zweiten Segment kleiner, einen etwas zu grossen, wenn sie grösser als im ersten ist.

Beispiel: Ist am Anfang des Schrittes $S : S_1 = 1 : 3$; $s_1 : s_2 = 2 : 4$; $s_2 : s_3 = 4 : 12$, so ist in der Mitte $S : S_1 = 2 : 5$; $s_1 : s_2 = 3 : 8$.

---

[1]) Pringsheim's Jahrbücher. Bd. 12. Ueber die Wachsthumsintensität der Scheitelzelle. S. 454.

Wächst das jüngste Segment rascher, so verhält sich die Sache natürlich umgekehrt. Wir könnten darum hier streng genommen nur solche Vegetationspunkte zur Vergleichung heranziehen, deren Scheitelzelle das jüngste Segment gerade abgeschnitten hat, wo man also mit ziemlicher Genauigkeit $S_1 = S + s_1$ setzen kann.

Diesen Moment trifft man aber erstens nur sehr selten und dann lässt sich überhaupt niemals mit Sicherheit nachweisen, dass das jüngste Segment wirklich soeben, resp. vor relativ kurzer Zeit abgeschnitten wurde. Die Einzelligkeit ist nämlich nur ein sehr problematisches Kriterium dafür, da ich a priori gar nicht behaupten kann, dass hier bei einer und derselben Species Zelltheilung und Volumvermehrung proportionale Dinge sind, wie ein Vergleich von Fig. 1 mit 4 (*Polypodium vulgare*) auf den ersten Blick zeigt: in Fig. 4 ist das relativ grössere Segment noch ungetheilt, während in Fig. 1 das relativ kleinere bereits zwei Zelltheilungen erfahren hat. Ich erhalte so das experimentell bestimmte Verhältniss von vorn herein häufig (keineswegs immer) mit einem nicht unerheblichen Fehler belastet, den ich nicht corrigiren kann. Man muss dies bei einzelnen Bestimmungen stets im Auge behalten, die als solche darum wenig Anspruch auf Genauigkeit machen können.

Dies dürfte hinreichen, um einzusehen, dass derartige Wachsthumsbestimmungen keineswegs so einfache Dinge sind, wie es vielleicht auf den ersten Blick scheinen möchte.

Wir haben also zwei Wege vor uns: Entweder fragt man nach der absoluten Volumzunahme und dabei ist die Grösse der Scheitelzelle selbst im Verhältniss zu der der Segmente völlig gleichgiltig und es kommt nur auf die absolute Grösse des von ihr gelieferten Zuwachses und das Verhältniss desselben zu den successiven Segmentgrössen an, oder man sucht die relative Volumzunahme (besser Wachsthumsintensität, Wachsthumsgeschwindigkeit) zu bestimmen und da haben wir es in erster Linie mit dem Verhältniss der Scheitelzellgrösse zu der des jüngsten Segmentes zu thun.

So ist bei gleicher absoluter Volumzunahme, wenn beispielsweise $s_2 = 2\,s_1$; $s_3 = 3\,s_1$ etc.:

$s_1 : s_2$ nicht $= s_2 : s_3$ und auch nicht $= S : S_1$ (ausgenommen wenn die Scheitelzelle sich bei jeder Theilung halbirt); bei gleicher relativer Volumzunahme dagegen, wenn z. B. $S_1 = 3\,S$ $(s_1 = 2\,S)$; $s_2 = 3\,s_1 = 6\,S$; $s_3 = 3\,s_2 = 18\,S$ etc.:

$$S : S_1 = s_1 : s_2 = s_2 : s_3 \text{ etc.}$$

d. h. bei gleicher Wachsthumsintensität in Scheitelzelle und jüngsten Segmenten muss die Volumzunahme der Scheitelzelle proportional sein der der Segmente.

Hofmeister[1]) glaubte, dass in der Scheitelzelle die Massenzunahme, worunter er wohl die absolute verstand, am raschesten sei. Ob auch späterhin, so lange man noch den Vegetationspunkt, resp. wenigstens die Scheitelzelle als Ort raschesten Wachsthums ansah, damit immer das absolute gemeint gewesen sei, lasse ich dahingestellt, doch scheint mir es wahrscheinlich.

Sachs[2]) sagt: »Die ganz eigenthümliche Bedeutung, welche man bisher der Scheitelzelle beilegte, stützt sich auf zwei verschiedene Momente. Erstens entstehe aus ihr, durch Vermittelung der Segmente, das gesammte Gewebe der Pflanze und zweitens soll sie einer weit verbreiteten Annahme zufolge, die am ausgiebigsten wachsende Zelle des Vegetationspunktes sein. Das erste ist sie nur in gewissem Sinne, da die Scheitelzelle nur scheinbar persistirt, in Wirklichkeit einer immer wiederkehrenden Erneuerung unterliegt, so dass die jeweilig vorhandene Scheitelzelle die Tochter der vorigen und die Schwester des jüngsten Segmentes ist — das letztere nicht bewiesen und wahrscheinlich unrichtig.«

Wie man diese Verwandtschaftsverhältnisse der Scheitelzelle anzusehen hat, dürfte indess meiner Meinung nach lediglich Geschmacksache sein. Fasst man die Scheitelzelle nicht als Schwester, sondern als Mutter des jüngsten Segmentes auf — und man ist dazu ebenso berechtigt, denn der nach der Theilung Scheitelzelle bleibende Theil besitzt alle Eigenschaften derselben, wächst und theilt sich wieder gerade so, während das anders gestaltete Segment sich ganz anders theilt und anders wächst —, dann hat man offenbar auch das Recht, von einer Persistenz der Scheitelzelle zu sprechen und der Umstand, dass sie sich fortwährend regeneriren, d. h.

[1]) Pflanzenzelle. S. 132.

[2]) Anordnung d. Zellen in jüngsten Pflanzentheilen. Arbeiten des Würzburger Inst. Bd. 2. S. 91.

auf die Grösse vor der Theilung heranwachsen muss, ist selbstverständlich und kein Gegengrund gegen die Persistenz, da wir sonst von einer solchen bei Organismen überhaupt nicht viel zu reden hätten. Das grössere Volum der Tochter ist nur ein nebensächlicher Umstand, betrüge es nur einen kleinen Bruchtheil der Scheitelzelle, so würde uns letztere Ansicht von vorn herein viel selbstverständlicher erscheinen.

Unter Wachsthum versteht Sachs absolute Volumzunahme. Gestützt auf die vorhandenen Bilder (Cramer's Equisetenscheitel etc.), kommt er dann zu dem Resultat (S. 94): »Alle auf das vorliegende Beobachtungsmaterial gestützten Erwägungen machen es also wahrscheinlich, dass die Scheitelzelle gerade da, wo man bisher allein eine solche annahm, bei confocalen Vegetationspunkten, die am langsamsten wachsende Region des Vegetationspunktes repräsentirt. Nichts könnte erwünschter sein, als eine definitive Entscheidung dieser Frage auf Grund neuer messender Untersuchungen und sorgfältiger geometrischer Erwägungen.«

Die vielfach hervorragende Grösse der Scheitelzelle kann nicht als Beweis für ihr rascheres Wachsthum angeführt werden, da dies, wie Sachs treffend bemerkt, ebensowohl davon herrühren kann, dass sie sich seltener theilt als die umgebenden Meristemzellen.

Wenn dann aber Sachs sagt: »Die Frage, ob das Volum der Scheitelzelle rascher zunimmt als ein gleiches Volum an einer anderen Stelle des Vegetationspunktes, so fragt er damit nicht mehr, wie er glaubt und wie seine specielle Ausführung zeigt, nach der absoluten, sondern nach der relativen Volumzunahme, denn: verdoppelt sich die Scheitelzelle in jedem Schritt ($S_1 = 2S$), so muss sich bei gleicher Volumzunahme auch das jüngste Segment verdoppeln (aus s_1 wird $s_2 = 2s_1 = 2S = S_1$). Dann wird aber die Scheitelzelle durch eine neu auftretende Segmentwand auf ihre frühere Grösse S reducirt und verdoppelt sich im nächsten Schritt wieder, während das Segment s_2 (früher das jüngste, jetzt zweitjüngste) keine Reduction erleidet, also nicht die gleiche, sondern die doppelte Grösse, wie die reducirte Scheitelzelle besitzt. Es kann also, da ja das Wachsthum gleicher Volumina verglichen werden soll, am Ende des zweiten Schrittes nicht gleich der dreifachen Scheitelzelle ($3S$ resp. $3s_1$), sondern muss, da $s_2 = 2s_1$ $s_3 = 4s_1$ sein. Damit haben wir aber die relative Volumzunahme. Es ist dies lediglich ein Versehen in der Fragestellung, denn aus dem ganzen Zusammenhang der vorzüglichen Arbeit geht klar hervor, dass Sachs nicht nach der relativen Volumzunahme, die ihm für seine Zwecke gleichgiltig, sondern nach der absoluten fragt.

Göbel[1]) fand in dem flachen Thallus von *Metzgeria* ebenfalls ein absolutes Minimum der Volumzunahme in der Scheitelzelle. Er fragte nicht nach der Volumzunahme eines der Scheitelzelle gleichen Stückes, sondern[2]): »Ist die Summe der Volumina der von der Scheitelzelle innerhalb einer bestimmten Zeit (sämmtlich im status nascens gemessenen) gelieferten Segmente grösser oder kleiner als die Volumzunahme, welche das im Augenblick der Fragestellung jüngste Segment in dieser Zeit erfahren hat?« Hier ist die Frage mit genügender Schärfe präcisirt.

Westermaier, in seiner Prüfung der Wachsthumsintensität der Scheitelzelle (l. c.), offenbar durch die Sachs'sche Fragestellung irre geführt, unterscheidet gar nicht zwischen relativem und absolutem Wachsthum, wie schon Göbel (Bot. Ztg. 1881) nachgewiesen, und fragt lediglich nach der relativen Volumzunahme (Wachsthumsintensität), die, wenn auch ohne Einfluss auf die Bedeutung der Scheitelzelle, doch immerhin gewisses Interesse besitzt. Als theoretische Grundlagen für seine Ausführungen stellt er folgende »einfache und möglichst naturgemässe« Voraussetzungen auf:

1) Die Scheitelzelle verhält sich bezüglich der Volumzunahme in den auf einander folgenden Schritten gleich (d. h. die Segmente sind im Momente ihrer Entstehung gleich gross und die Scheitelzelle selbst erreicht vor der Theilung immer annähernd die gleiche Grösse).

2) Die successiven Segmente verhalten sich unter einander bezüglich der Volumzunahme in den auf einander folgenden Schritten gleich (d. h. das dritte Segment z. B. war vor einem Schritt so gross wie das jetzige zweite).

Diese Voraussetzungen stellte übrigens schon Sachs als nothwendige Postulate auf (l. c. S. 92), falls aus dem Bild eines Zellnetzes eines Vegetationspunktes auf die Vertheilung des Wachsthums in ihm geschlossen werden solle.

[1]) Arbeiten des Würzburger Institutes. Bd. 2.
[2]) Bot. Ztg. 1881. S. 838.

Die Berechtigung oder besser gesagt die Richtigkeit dieser Voraussetzungen lasse ich einstweilen dahingestellt, um zunächst die reellen Grundlagen der Westermaier'schen Berechnungen und dann letztere selbst zu prüfen. Westermaier geht von Längsschnitten aus resp. Projectionen der Seitenansicht der dreiseitig pyramidalen Scheitelzelle mit gleichseitiger Grundfläche, für die er die Bedingung stellt: eine Segmentwand der Scheitelzelle sei dem Beobachter zugekehrt, die Höhenlinie der Pyramide verlaufe parallel mit der Ebene des Papiers. Damit lässt sich aber in Praxi nichts anfangen — ich habe darum in meiner Darstellung ganz von Längsschnitten abgesehen — und zwar aus folgenden Gründen:

1) Ich habe niemals ein sicheres Kriterium dafür, wenigstens an Zeichnungen ohne Präparate, ob der Schnitt wirklich axial geführt ist, also die Höhe der Scheitelzelle in sich aufnimmt, oder nur der Axe parallel;

2) kann ich im Längsschnitt ebenso wenig sehen, ob der Schnitt einer der Wände des Oberflächendreiecks parallel ist, was in der Regel nicht der Fall;

3) wird mit der Richtung, in der der Längsschnitt geführt ist, auch die Grösse der mehr oder minder schief durchschnittenen Segmente sich ändern, die

4) auch von der Oberflächenansicht der Scheitelzelle abhängt, denn diese ist keineswegs immer ein gleichseitiges Dreieck; ausserdem besitzen

5) häufig auch schon die jüngsten Segmente eine relativ ziemlich unregelmässige Gestalt, wie die Oberflächenansicht zeigt (cf. Tafel);

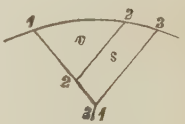
6) kann ich schliesslich keineswegs immer mit Sicherheit entscheiden, ob die beiden der Scheitelzelle im Längsschnitt anliegenden Segmente im Verhältniss von jüngstem zu zweitjüngstem, jüngstem zu drittjüngstem oder zweitjüngstem zu drittjüngstem stehen.

Dies dürfte genügen, um einzusehen, dass Längsschnitte überhaupt, und blosse Zeichnungen davon natürlich erst recht zur Bestimmung von Scheitelzell- und Segmentgrössen absolut unbrauchbar sind.

Ausserdem ist aber auch noch Westermaier's Rechnung falsch. In seinem typischen Beispiel (Fig. I^a) ist der Projectionsflächeninhalt der Scheitelzelle in dieser seitlichen Ansicht und derjenige des Segmentes einander annähernd gleich gross gesetzt. »Um das Volum des Segmentes zu erhalten, lassen sich natürlich verschiedene Wege einschlagen (S. 458)«; leider sind die von ihm eingeschlagenen unbrauchbar, denn ich erhalte bei der dreischneidigen Scheitelzelle in der der Westermaier'schen Berechnung zu Grunde gelegten Projection beide Segmente schief durchschnitten, sie erscheinen also dicker, als sie in Wirklichkeit sind. Setze ich den so gemessenen schiefen Abstand als senkrechten in die Rechnung ein, so muss ich natürlich zu grosse Werthe für die Segmente erhalten. Der Fehler wird noch vergrössert durch die Annahme, dass die Segmentwände sich an der Spitze unter 120^0 schneiden, ein Winkel, der offenbar bei der Höhe des Projectionsdreieckes I^a beträchtlich zu gross ist.

Der einfachste und sicherste Weg scheint mir zu sein, die Scheitelzelle als dreiseitige Pyramide (strenggenommen dreiseitige Pyramide mit aufgesetztem flachem Kugelsegment) zu berechnen, was ich indess, wenn ich als Höhe der Pyramide die vollständige Höhe des Dreiecks der Projectionsfläche nehme, ohne nennenswerthen Fehler thun darf. An Bestimmungsstücken brauche ich die Grundlinien der Oberflächendreiecke: g (zwischen 1 und 2) und g_1 (zwischen 1 und 3), die Höhen der Oberflächendreiecke: $h = \sqrt{g^2 - \frac{g^2}{4}}$ und $h' = \sqrt{g_1^2 - \frac{g_1^2}{4}}$ und die Höhen der Projectionsflächen: H und H_1, von denen ich die ersten und letzten messen, die mittleren leicht berechnen kann.

Fig. II.



»Westerm. Fig. 1a«.

Bezeichne ich die kleine Pyramide (Scheitelzelle) mit S, die grosse mit S_1, dann ist

$$s_1 \text{ einfach} = S_1 - S.$$

$$S = \frac{gh}{2} \cdot \frac{H}{3} = \frac{ghH}{6}.$$

Dies auf Fig. I^a angewendet, ergibt unter Zugrundelegung folgender Messungen:

für S: $H = 8$ Mm.; $g = 11{,}5$;

$h = \sqrt{11{,}5^2 - 6^2} = \sqrt{96} =$ ca. 10.

für S_1: $H_1 = 11$ Mm.; $g_1 = 15{,}5$;

$h_1 = \sqrt{15{,}5^2 - 8^2} = \sqrt{176} =$ ca. 13.

Daraus berechnet sich

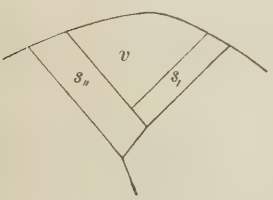
$S = 160$ Cubmm. (West. 156)
$S_1 = 403$ Cubmm.
$s_1 = S_1 - S = 243$ Cubmm. (West. 500).

Während für die Scheitelzelle der gleiche Werth, wie von W. gefunden wurde, ist das jüngste Segment nach meiner Berechnung nur halb so gross. Das sind aber Differenzen, die ausserhalb der für Rechnungsfehler erlaubten Grenzen fallen.

Wenn sich also in der Projectionsfläche die Scheitelzelle halbirt zu haben scheint, besitzt das Segment s keineswegs ein »mindestens drei Mal so grosses Volumen, als die Scheitelzelle v«, letztere hat ihr Volum also nicht vervierfacht, sondern nur auf das circa $2^1/_2$fache gesteigert. Was für Werth auf derartige Berechnungen basirte Folgerungen haben, liegt auf der Hand.

»In Fig. III ist ein idealer Scheitel von derselben Form unter anderen Voraussetzungen construirt. Die dreischneidige Scheitelzelle und die jüngsten Segmente sollen gleich schnell mit dem Wachsthumscoefficient 2 wachsen.«

Fig. III.



»Westerm. Fig. 3«.

»Hier tritt nun wiederum recht auffällig der Unterschied zwischen Volum und der Grösse der seitlichen Flächenprojection zu Tage.«

	Volumen.	Flächengrösse der Seitenansicht.
»v =	660 Cbmm.	130 Qmm.
s_1 =	720 Cbmm.	48 Qmm.
s_2 =	1500 Cbmm.	85 Qmm.«

Unter Zugrundelegung der Maasszahlen:

$S\ (=v)$: $g = 18{,}5$; $h = 16$; $H = 12{,}5$
$S_1\ (=v+s_1)$: $g_1 = 21{,}5$; $h_1 = 18{,}6$; $H_1 = 15$
$S_2\ (=v+s_1+s_2)$: $g_2 = 26$; $h_2 = 22{,}5$; $H_2 = 19$

erhielt ich

$$S = \frac{18{,}5 \times 16 \times 12{,}5}{6} = 624 \text{ Cubmm.}$$

$$S_1 = \frac{21{,}5 \times 18{,}6 \times 15}{6} = 1005;\ s_1 = 380$$

$$S_2 = \frac{26 \times 22{,}5 \times 19}{6} = 1843;\ s_2 = 840.$$

Es zeigt also meine Rechnung, die nur für $S(v)$ den gleichen Werth ergab und an deren Richtigkeit zu zweifeln ich einstweilen keine Veranlassung habe, auch diese zweite Berechnung Westermaier's als falsch. Damit fällt selbstverständlich auch die daraus gezogene Folgerung, »gültig für jene Fälle, in denen ähnliche Zellen zur Beurtheilung vorliegen«, dass Scheitelzelle und jüngste Segmente gleiche Wachsthumsintensität besitzen, also mit dem Coefficienten 2 wachsen, wenn in der Westermaier'schen Projection die Fläche der Scheitelzelle etwa drei Mal so gross wie die des jüngsten, und circa $1^1/_2$ Mal so gross, als die des zweitjüngsten erscheint.

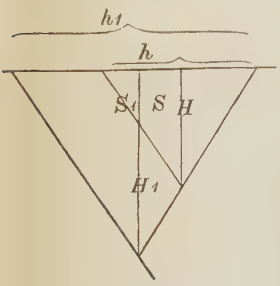
In den Beziehungen zwischen Volum und Projection der Seitenansicht (d. h. dem axialen, zu den Wänden der Scheitelzelle senkrechten Längsschnitt) der zweischneidigen Scheitelzelle sind die Fehlerquellen bei einer Berechnung nicht so massenhaft, wie bei der dreischneidigen, aber immerhin noch genügend, den Werth einer Berechnung aus Längsschnitten illusorisch zu machen: An Zeichnungen (häufig auch an Präparaten) kann ich auch hier nicht entscheiden, ob der Schnitt der Axe parallel und senkrecht zu den Wänden geführt ist, oder, was wohl Regel, mehr oder minder schief. Ferner ist das Verhältniss 1 : 2 als das von Quer- zu Längsdurchmesser der Scheitelzelle ein rein willkürliches (cf. S. 5 u. 8), und das wirkliche kann ich aus dem Längsschnitt unmöglich erkennen. Wenn aber diesem willkürlichen Verhältniss schon für Schnitte, die in der theoretisch geforderten Richtung geführt sind, keine allgemeine Geltung zukommt, so ist dies natürlich für solche, wie sie in Wirklichkeit meist vorliegen, um so weniger der Fall.

Nachdem ich so gezeigt, dass die Westermaier'schen Rechnungen falsch, die reellen Grundlagen seiner Berechnungen unbrauchbar (und noch zeigen werde, dass auch die theoretischen Voraussetzungen im allgemeinen unhaltbar sind), dürfte es wohl überflüssig sein, auf seine »Beurtheilung concreter Fälle« näher einzugehen, so weit es sich um körperliche Organe handelt.

Will man das Volumen berechnen, so geschieht dies am besten in der oben angeführten Weise, nur sind die Bestimmungsstücke nicht vom Längsschnitt, sondern von der Oberflächenansicht her zu nehmen. Hier können wir die für die Grundflächen der

Pyramiden nöthigen Grössen g, g_1, g_2 und h, h_1, h_2 etc. direct messen. Nun fehlt freilich noch die Höhe der Pyramide, deren absolute Grösse der axiale Längsschnitt allein geben kann. Da wir aber nicht die absoluten Grössen der Pyramiden selbst, sondern nur ihr Verhältniss haben wollen, so genügt es völlig, wenn ich statt der absoluten Höhen Grössen messe, die ihnen proportional sind. Dies sind aber die Höhen der Oberflächendreiecke.

Fig. IV.



In nebenstehender Figur, die einen axialen Längsschnitt, senkrecht zu einer Seite des Oberflächendreiecks darstellt, sind H, H_1 die Höhen zweier successiven Pyramiden, h, h_1 die Höhen der Oberflächendreiecke. Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke folgt $h : h_1 = H : H_1$. Die Oberflächenansicht liefert also alle nöthigen Bestimmungsstücke. Die Krümmung der Oberfläche ist so unbedeutend, dass sie für die drei jüngsten Segmente — und nur für diese gilt diese Bestimmungsweise überhaupt — ohne nennenswerthen Fehler vernachlässigt werden darf. Die Sache hat aber trotzdem noch ihren Haken. Die oberflächlichen Segmentgrenzen weichen, wie die Tafel zeigt, oft ziemlich erheblich von der mathematischen Gestalt des Dreiecks ab und müssen darum vor dem Ausmessen in inhaltsgleiche wirkliche Dreiecke verwandelt werden. Diese Verwandlung an und für sich hat natürlich keine Schwierigkeit, dieselbe liegt vielmehr darin, die richtige Höhe dieses Verwandlungsdreiecks zu finden, weil diese Grösse noch als Factor für die Höhe der Pyramide mit in die Rechnung eintritt. Verschiedene Verwandlungen desselben Oberflächenbildes ergaben mehr als wünschenswerth differirende Werthe.

Ich zog darum eine andere, genauere Methode vor, die ausserdem noch den Vorzug hat, bedeutend einfacher zu sein:

Von meinen Zeichnungen (280fache Vergrösserung, zu kleine Bilder vergrössern die unvermeidlichen Messungsfehler zu sehr) wurden die Segmentumrisse auf Pauspapier abgezeichnet, diese Bilder auf plastischen Thon mit ganz flachgewölbter, den reellen Verhältnissen am Vegetationspunkt entsprechender Oberfläche aufgelegt, dann successive Scheitelzelle und Segmente herausgeschnitten und gewogen. Dabei war nur die einzige Vorsicht zu gebrauchen, dass die beiden Hauptwände eines Segmentes einander möglichst parallel gingen, denn, wie bereits bei der Berechnung gezeigt, kommt es ja auf die absoluten Grössen der Scheitelzelle und Segmente gar nicht an, sondern nur auf ihr Verhältniss, das dasselbe bleibt, gleichgiltig, ob ich mehr oder minder schief gegen die Längsaxe schneide. Das Verhältniss der so ermittelten Gewichte gibt direct das Verhältniss der Volumina von Scheitelzelle und Segmenten. Die Brauchbarkeit dieser Bestimmungsweise prüfte ich durch Vergleichung der respectiven Verhältnisszahlen eines und desselben Scheitels, den ich mehrmals gefertigt und ausserdem möglichst genau berechnet hatte und fand sie recht befriedigend, um so genauer, je grösser die Scheitelzelle, die ja die Vergleichseinheit liefert, war.

Die so gewonnenen Resultate finden sich in den beiden folgenden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle I gibt die Gewichte auf ein Decigramm genau. Feinere Wägung würde nur illusorische grössere Genauigkeit liefern, denn die so gemachten Fehler kommen als innerhalb der unvermeidlichen Fehlergrenze fallend, für die hier mögliche und nöthige Genauigkeit nicht in Betracht. In der letzten Colonne ist angegeben, wie gross das letzte Segment sein würde, wenn die absolute Volumzunahme am Scheitel gleich bliebe (= 2 resp. 3 Mal dem jüngsten Segment, dem von der Scheitelzelle in zwei resp. drei Schritten gelieferten Material). Die Grösse des jeweiligen jüngsten Segmentes ist stets als Einheit des Zuwachses zu Grunde gelegt, was streng nur giltig, wenn an einem und demselben Scheitel die successiven Segmente im status nascens stets gleich gross sind.

Tabelle II gibt die relative Volumzunahme, die Wachsthumsintensität, an.

Die Scheitelzelle vor der Theilung, S_1, ist jedes Mal = der jeweiligen Scheitelzelle + dem jeweiligen jüngsten Segmente gesetzt, wozu man strenggenommen, wie oben erwähnt, nur bei gleichbleibender Wachsthumsgeschwindigkeit berechtigt ist.

I. Tabelle der Scheitelzell- und Segmentgrössen,

gemessen durch die in Grammen ausgedrückten Gewichte der nach Zeichnungen von 280facher Vergrösserung ausgeführten Thonmodelle.

S bezeichnet die Scheitelzelle, S_1 die Scheitelzelle + dem jüngsten Segment, s_1, s_2 etc. die Segmente.

Nr.	Name der Species nebst Angabe der Zeit, zu welcher das Material gesammelt wurde. Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen die Präparatnummer des betreffenden Termins.	S	S_1	s_1	s_2	s_3	s_4	Grösse des letzten Segmentes bei gleicher absoluter Volumzunahme am Scheitel.
	A. Dreischneidige Stammscheitelzellen.							
	I. Jüngstes Segment noch ungetheilt.							
1	*Polypodium vulgare* Fig. 4 (Juni)	1,5	6,2	4,7	12,5	25,1		14,1
2	*P. vulgare* Fig. 13 (junger Seitenspross)	0,8	2,0	1,2	3,2	12,0		3,6
3	*P. vulgare* 25. August (Pp. 19)	0,3	1,0	0,7	2,1	9,7		2,1
4	*P. vulgare* 25. August (Pp. 33)	1,9	7,6	5,7	11,4			11,4
5	*P. vulgare* 25. August (Pp. 35)	2,4	7,4	5,0	15,6			10
6	*P. vulgare* 25. August (Pp. 44)	4,1	15,2	11,1	23,9			22,2
7	*P. vulgare* 11. Juni (Pp. 21)	2,8	6,4	3,6	8,7	27,0		10,8
8	*P. vulgare* 15. April (Pp. 2)	1,7	5,1	3,4	13,5			6,8
9	*P. vulgare* 28. März (Pp. 9)	1,1	3,8	2,7	5,4	11,4		8,1
10	*P. Heracleum* (junge Pflanzen, Pp. 8)	1,1	3,5	2,4	7,4			4,8
11	*P. Heracleum* (– – 13)	0,9	2,7	1,8	4,2	9,2		5,4
12	*P. Heracleum* (– – 25)	0,6	2,5	1,9	5,4			3,8
13	*P. Heracleum* (– – 26)	0,3	1,0	0,7	1,6	6,2		2,1
14	*P. musaefolium*(– – 9)	1,1	3,2	2,1	6,2			4,1
15	*P. musaefolium*(– – 10)	0,9	2,3	1,4	3,7	7,3		5,2
16	*P. musaefolium*(– – 11)	1,5	5,4	3,9	8,4	37,2		11,7
17	*P. musaefolium*(– – 12)	0,55	1,4	0,85	2,5	8,1		2,5
18	*Goniophlebium glaucum*	2,0	5,5	3,5	8,6	23,0	67,0	14
19	*Oleandra nodosa*	1,6	3,9	2,3	5,3	14,0		6,9
	II. Jüngstes Segment zweizellig.							
20	*Polypodium vulgare* Fig. 3 März	2,7	12,3	9,6	19,6			19,2
21	*P. vulgare* Fig. 5 Juni	2,8	6,4	3,6	8,7	27,0		10,8
22	*P. vulgare* Fig. 6 Juli	3,1	9,0	5,9	14,2	37,0		17,7
23	*P. vulgare* Fig. 14 August	2,3	7,6	5,3	27,0			10,6
24	*P. vulgare* Fig. 15 Juli	4,9	14,6	9,7	21,2			19,4
25	*P. vulgare* 15. März (Pp. 21)	2,6	8,3	5,7	15,6			11,4
26	*P. vulgare* 15. März (Pp. 24)	1,5	5,8	4,3	7,0	14,2		12,9
27	*P. vulgare* 15. März (Pp. 29)	2,0	6,0	4,0	16,0			8
28	*P. vulgare* 15. März (Pp. 31)	2,0	6,3	4,3	18,7			8,6
29	*P. vulgare* 15. April (Pp. 8)	2,5	8,5	6,0	19,3			12
30	*P. vulgare* 15. April (Pp. 10)	1,6	4,9	3,3	6,6			6,6
31	*P. vulgare* 25. August (Pp. 30)	2,9	9,4	6,5	16,5			11
32	*P. vulgare* 25. August (Pp. 32)	3,0	20,0	17,0	37,0	86,0		51
33	*P. vulgare* November (Pp. 1)	3,2	9,0	5,8	19,5			11,6
34	*P. vulgare* November (Pp. 11)	2,5	8,5	6,0	19,3			12
35	*P. aureum* Fig. 17	1,7	4,4	2,7	8,1	46,0		8,1
36	*P. Heracleum* Fig. 19	0,7	2,5	1,8	4,1	11,9		5,4
37	*P. Heracleum* (Pp. 20)	0,3	0,95	0,65	1,3	5,5		1,9
38	*P. fraxinifolium*	0,8	3,0	2,2	7,3			4,4
39	*P. musaefolium* (Pp. 6)	1,6	4,1	2,5	6,8			5
40	*Hypoderris Brownii* (Pp. 2)	1,15	4,5	3,35	7,0			6,7

Nr.	Name der Species nebst Angabe der Zeit, zu welcher das Material gesammelt wurde. Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen die Präparatnummer des betreffenden Termins.	S	S_1	s_1	s_2	s_3	s_4	Grösse des letzten Segmentes bei gleicher absoluter Volumzunahme am Scheitel.
	III. Jüngstes Segment mehrmals getheilt.							
41	*Polypodium vulgare* Fig. 1 April	2,1	6,3	4,2	19,2	39,5		12,6
42	*P. vulgare* 15. April (Pp. 1)	5,9	17,3	11,4	28,6			22,8
43	*P. vulgare* August (Pp. 38)	9,0	26,1	17,1	51,5			34,2
44	*P. vulgare* November (Pp. 2)	2,8	7,3	4,5	18,0	53,0		13,5
45	*P. vulgare* Juli (Pp. 8)	6,0	18,0	12,0	37,0	80,0		36
46	*P. Heracleum* (mit bereits einzeiliger Blattstellung)	5,6	26,2	19,6	43,0	132,0		58,8
47	*P. quercifolium*	3,8	14,3	10,5	21,5	47,0	180,0	42
48	*P. longissimum*	1,1	3,6	2,5	10,5	29,0		7,5
49	*Hypoderris Brownii* (Pp. 4)	1,9	7,4	5,5	21,7			11
50	*H. Brownii* (Pp. 5)	1,6	5,4	3,8	12,5	34,0		11,4
	B. Zweischneidige Stammscheitelzellen.							
	I. Jüngstes Segment noch ungetheilt.							
51	*Pteris aquilina* Mitte Juli (Pp. 8)	1,6	4,7	3,1	12,2			6,2
52	*P. aquilina* 29. Juli (Pp. 23)	0,3	1,5	1,2	4,6			2,4
53	*P. aquilina* 29. Juli (Pp. 33)	0,8	2,6	1,8	5,5	20,4		5,4
54	*P. aquilina* 29. Juli (Pp. 36)	0,4	1,2	0,8	3,3	11,0		2,4
55	*P. aquilina* 29. Juli (Pg. 39)	0,7	2,4	1,7	4,9	11,7		5,1
	II. Jüngstes Segment mit ein bis drei Antiklinen.							
56	*Pteris aquilina* Ostern, Fig. 24	1,0	2,8	1,8	9,0			3,6
57	*P. aquilina* 29. Juli (Pp. 25)	1,1	3,4	2,3	8,9	19,8		6,9
58	*P. aquilina* 29. Juli (Pp. 26)	0,5	1,5	1,0	3,6	11,8		3
59	*P. aquilina* 29. Juli (Pp. 38)	0,8	3,2	2,4	9,8			4,8
60	*P. aquilina* 29. Juli (Pp. 42)	0,55	2,1	1,55	5,2			3,1
61	*P. aquilina* 29. Juli (Pp. 45)	0,7	2,9	2,2	9,1			4,4
	III. Jüngstes Segment mehrfach getheilt.							
62	*Pteris aquilina* Juli, Fig. 28	2,5	10,0	7,5	—			—
63	*P. aquilina* Juli (Pp. 9)	1,4	6,1	4,7	20,0			9,4
64	*P. aquilina* Juli (Pp. 15)	1,1	4,1	3,0	10,8			6
65	*P. aquilina* Juli (Pp. 50)	1,2	4,9	3,7	11,8	45,0		11,1
66	*P. aquilina* Anfang October (Pp. 38)	3,3	10,5	7,2	20,1			14,4
	C. Zweischneidige Blattscheitelzellen.							
67	*Pteris aquilina* Fig. 24	2,8	5,0	2,2	5,3			4,4
68	*P. aquilina* Fig. 28	2,7	5,0	2,3	3,3			4,6
69	*Polypodium vulgare* Fig. 10	3,3	7,8	4,5	7,7			9
70	*P. vulgare* Fig. 15	4,0	7,8	3,8	6,6	9,5	15,0	15,2
71	*P. vulgare* 1. November (Pp. 1)	5,5	11,0	5,5	8,0			11
72	*P. vulgare* 1. November (Pp. 2)	3,1	6,1	3,0	5,5			6

II. Tabelle der Wachsthumsintensität (relativen Volumzunahme),

berechnet nach Tabelle I und ausgedrückt in Coefficienten; die Scheitelzelle ist jedes Mal = 1 gesetzt.
(Die Zahlen geben an, wie viel Mal S_1 grösser als S, s_2 als s_1 etc.)

Nr.		$S_1 : S$	$s_2 : s_1$	$s_3 : s_2$	$s_4 : s_3$
	A. Dreischneidige Stammscheitelzellen.				
	I. Jüngstes Segment noch ungetheilt.				
1	*Polypodium vulgare*. Fig. 4. Juni	4	2,7	2	—
2	*P. vulgare*. Fig. 13 (junger Seitenspross)	2,5	2,7	3	—
3	*P. vulgare*. August	3,3	3	4,8	—
4	*P. vulgare*. August	4	2	—	—
5	*P. vulgare*. August	3,1	3,1	—	—
6	*P. vulgare*. August	3,7	2,2	—	—
7	*P. vulgare*. Juni	2,3	2,4	3,1	—
8	*P. vulgare*. April	3	4	—	—
9	*P. vulgare*. März	3,5	2	2,1	—
10	*Polypodium Heracleum*	3,2	3,1	—	—
11	*P. Heracleum*	3	2,2	2,2	—
12	*P. Heracleum*	4,1	2,8	—	—
13	*P. Heracleum*	3,3	2,3	4	—
14	*Polypodium musaefolium*	2,9	2,8	—	—
15	*P. musaefolium*	2,5	2,6	2	—
16	*P. musaefolium*	3,6	2,2	4,4	—
17	*P. musaefolium*	2,5	3	3,2	—
18	*Goniophlebium glaucum*	2,8	2,5	2,8	2,9
19	*Oleandra modosa*	2,4	2,3	2,6	—
	II. Jüngstes Segment zweizellig.				
20	*Polypodium vulgare*. Fig. 3	4,6	2	—	—
21	*P. vulgare*. Fig. 5	2,3	2,4	3,1	—
22	*P. vulgare*. Fig. 6	3	2,6	2,7	—
23	*P. vulgare*. Fig. 14	3,3	5	—	—
24	*P. vulgare*. Fig. 15	3	2,2	—	—
25	*P. vulgare*. März	3,2	2,7	—	—
26	*P. vulgare*. März	3,9	1,6	2	—
27	*P. vulgare*. März	3	4	—	—
28	*P. vulgare*. März	3,1	4,3	—	—
29	*P. vulgare*. April	3,4	3,2	—	—
30	*P. vulgare*. April	3	2	—	—
31	*P. vulgare*. August	3,2	2,5	—	—
32	*P. vulgare*. August	6,7	2,2	2	—
33	*P. vulgare*. November	2,8	3,4	—	—
34	*P. vulgare*. November	3	3,6	—	—
35	*P. aureum*	2,6	3	5,7	—
36	*P. Heracleum*	3,6	2,3	3	—
37	*P. Heracleum*	3,2	2	4,2	—
38	*P. fraxinifolium*	3,7	3,3	—	—
39	*P. musaefolium*	2,5	2,7	—	—
40	*Hypoderris Brownii*	4	2	—	—

Nr.		$S_1 : S$	$s_2 : s_1$	$s_3 : s_2$	$s_4 : s_3$
	III. Jüngstes Segment mehrzellig.				
41	*Polypodium vulgare.* Fig. 1. April.	3	4,6	2	—
42	*P. vulgare.* April	2,9	2,5	—	—
43	*P. vulgare.* August	2,9	3	—	—
44	*P. vulgare.* November	2,6	4	3	—
45	*P. vulgare.* Juli	3	3	2,2	—
46	*P. Heracleum.*	4,7	2,1	3	—
47	*P. quercifolium*	3,8	2	2,2	3,8
48	*P. longissimum*	3,3	4,2	2,8	—
49	*Hypoderris Brownii*	4	4	—	—
50	*H. Brownii*	3,4	3,2	3	—
	B. Zweischneidige Stammscheitelzellen.				
	I. Jüngstes Segment noch ungetheilt.				
51	*Pteris aquilina.* Juli	3	4	—	—
52	*P. aquilina.* Juli	5	4	—	—
53	*P. aquilina.* Juli	3,3	3	3,7	—
54	*P. aquilina.* Juli	3	4	3	—
55	*P. aquilina.* Juli	3,4	2,9	2,4	—
	II. Jüngstes Segment mit ein bis drei Antiklinen.				
56	*Pteris aquilina.* Ostern.	2,8	5	—	—
57	*P. aquilina.* Juli	3,1	3,9	2,2	—
58	*P. aquilina.* Juli	3	3,6	3,3	—
59	*P. aquilina.* Juli.	4	4	—	—
60	*P. aquilina.* Juli	4	3,4	—	—
61	*P. aquilina.* Juli	4,1	4	—	—
	III. Jüngstes Segment mehrzellig.				
62	*Pteris aquilina.* Juli. Fig. 28	4	—	—	—
63	*P. aquilina.* Juli.	4,3	4,2	—	—
64	*P. aquilina.* Juli.	3,7	3,6	—	—
65	*P. aquilina.* Juli.	4	3,2	4	—
66	*P. aquilina.* October.	3,2	3	—	—
	C. Zweischneidige Blattscheitelzellen.				
67	*Pteris aquilina.* Fig. 24.	1,8	2,4	—	—
68	*P. aquilina.* Fig. 28	1,8	1,4	—	—
69	*Polypodium vulgare.* Fig. 10	2,4	1,7	—	—
70	*P. vulgare.* Fig. 15	2	1,7	1,4	1,6
71	*P. vulgare*	2	1,5	—	—
72	*P. vulgare*	2	1,8	—	—

Tabelle I zeigt uns zunächst einmal, dass die absolute Grösse der Scheitelzelle nicht nur bei verschiedenen Farnen, sondern auch bei den gleichen zur gleichen Jahreszeit und bei gleichem Alter des jüngsten Segmentes eine sehr wechselnde sein kann. Die Zahlen sind übrigens als absolute Grössen mit einiger Vorsicht aufzunehmen, da ja nicht überall unter dem genau gleichen Winkel gegen die Längsaxe geschnitten werden konnte, doch sind die Unterschiede natürlich viel zu gross, wie schon allein die Oberflächenansichten beweisen, um lediglich dieser Quelle entspringen zu können.

Ferner sehen wir, dass die absolute Volumzunahme gegen die Scheitelzelle continuirlich abnimmt, wie dies ja eigentlich von vorn herein nicht anders zu erwarten bei einem confocalen Vegetationspunkt, an dem sich ausser der Scheitelzelle noch einige Segmente in meristematischem, d. i. theilungs- und wachsthumsfähigem Zustande befinden. Selbst wenn die Scheitelzelle sich bei der Segmentbildung dem Volum nach nur halbirte — durchschnittlich ist das Segment im status nascens doppelt so gross —, würde sie doch, da sie ja durch jedes neu auftretende Segment wieder reducirt wird, sehr bald einem vielzelligen wachsenden Segment gegenüberstehen, dessen sämmtliche Zellen in lebhaftem Wachsthum und Theilung begriffen sind, und das so durch seine absolute Gesammtvolumzunahme das von der Scheitelzelle gelieferte Material sehr bald überholen muss. Wo in einzelnen Fällen die absolute Volumzunahme bis zum zweiten oder dritten Segment scheinbar (cf. später) gleich bleibt (Nr. 4, 6, 20, 26 etc.), nimmt die Grösse der relativen Volumzunahme von der Scheitelzelle aus ausserordentlich rasch ab.

In Tabelle II scheint auf den ersten Blick die tollste Regellosigkeit bezüglich der Wachsthumsintensität zu herrschen, wenn auch in der Mehrzahl der Fälle in der Scheitelzelle selbst ein Maximum der relativen Volumzunahme liegt. Ausserdem aber, und darauf lege ich den meisten Werth, ist die Aenderung der Wachsthumsintensität bei der gleichen Species, zur gleichen Zeit und bei gleichem Alter des jüngsten Segmentes eine sehr ungleiche. Dies zeigt unter anderem, dass man bei der Bestimmung derselben sich nicht auf nur ein oder zwei Bilder einer Pflanze stützen darf, in der stillen Hoffnung, das Verhältniss bliebe sich immer gleich. Nun ist freilich wahrscheinlich, dass diese Schwankungen bei einem regelmässiger segmentirten Scheitel, wie z. B. *Equisetum* lange nicht so bedeutend wie hier sind, eventuell selbst minimal sein können. Dieselben aber ohne genaue Prüfung als nicht vorhanden zu betrachten, geht nicht an.

Ich habe nun noch ein paar Worte vorzubringen zu meiner Rechtfertigung, respective zur Erklärung dafür, dass ich mich mit dieser relativen Volumzunahme so eingehend beschäftigte und ihretwegen einen so gewaltigen Apparat ins Feld führte, wie obige Tabellen. Handelte es sich blos um eine Bestimmung dieser Volumzunahme, dann wäre dies eine im Vergleich mit dem Werthe derselben in keiner Weise zu rechtfertigende Ausführlichkeit, denn es sind schliesslich doch diese ganzen Wachsthumsintensitätsänderungen ein zwar nicht uninteressantes Phänomen, aber doch ein Moment von untergeordneter Bedeutung, weil die Gestalt des Vegetationspunktes, und das scheint mir das Entscheidende zu sein, von diesen, thatsächlich bei ein und derselben Species auftretenden Schwankungen völlig unberührt bleibt. Ferner dürfen wir auch nicht aus dem Auge lassen, dass diese, durch Messung oder Berechnung irgend welcher Art, sei sie so genau wie möglich, gewonnenen Resultate doch nur ein ziemlich rohes Bild der Wachsthumsvertheilung am Vegetationspunkt geben. Mindestens vom zweitjüngsten Segment an haben wir es ja mit einem vielzelligen Körper zu thun, dessen Zellen an den Segmentgrenzen überall mit den Zellen des Nachbarsegmentes genau ebenso zusammenhängen, wie mit den inneren des ihrigen, dessen Wachsthumsintensität sich gegen das Nachbarsegment niemals schroff ändert und ausserdem in verschiedenen Richtungen sehr verschieden ist, da nach den ersten Schritten das Dickenwachsthum ungemein über das Längenwachsthum prävalirt, wie ja die Rhizome direct hinter dem Scheitel ihre definitive Dicke erlangen. Darum dürfte eine mittlere, noch so richtig bestimmte Zahl für die Wachsthumsintensität solch eines willkürlich aus dem anatomischen Zusammenhang herausgegriffenen Zellcomplexes nur einen sehr fraglichen Werth haben.

Wäre es mir also, wie gesagt, blos darum zu thun gewesen, so hätte ich Eulen nach

Athen getragen. Was ich vornehmlich zeigen wollte, war vor Allem der Nachweis, dass es mit dem reellen Werthe dieser genauen Zahlenbestimmungen, absoluter wie relativer, höchst unsicher bestellt sei, so lange die oben erwähnten und durchaus nothwendigen Sachs-Westermaier'schen Voraussetzungen als völlig unbewiesene, hypothetische Grundlagen dastehen. Bisher sah man sie wenigstens als sehr wahrscheinlich an und von vorn herein ist auch nichts schwerwiegendes dagegen einzuwenden. Westermaier glaubte, dass sich aus dem fertigen Zustande darüber überhaupt nichts entnehmen lasse. Für das einzelne Individuum gilt dies, das kann ich natürlich zu verschiedenen Zeiten nicht wiederholt darauf untersuchen. Nehme ich aber eine grosse Zahl zusammen, dann kann ich recht wohl aus dem fertigen Zustande diese Verhältnisse mit wünschenswerther und nothwendiger Sicherheit eruiren und feststellen, ob diese Annahmen haltbar sind oder nicht. Um aber eine derartige Frage beweiskräftig entscheiden, die bisherige Anschauung wenigstens für die Farne umstossen zu können, musste ich einmal ausführlich sein und dann mich auf eine möglichst breite Grundlage stellen. Darum habe ich, da mir reiches Material nun doch einmal fertig zur Hand war, alles, was ich an brauchbaren Zeichnungen besass, mit herangezogen.

Ob die erwähnten Voraussetzungen für andere Gruppen richtig sind, für die regelmässigeren Equiseten, wie gesagt, vielleicht noch am ersten, lasse ich dahingestellt. Das mag entscheiden, wer besondere Lust dazu verspürt; ich habe zur Zeit wenig Geschmack mehr an Scheitelzellen. Was ich wollte, glaube ich zeigen zu können, dass nämlich diese Voraussetzungen keineswegs selbstverständlich sind, dass man ihre Berechtigung praktisch nachweisen kann und darum nachweisen muss und dass Wachsthumsbestimmungen nur dann einen wirklichen Werth haben können, wenn ich genau weiss, dass diese Bedingungen erfüllt sind, resp. wie es sich damit verhält.

Tabelle II zeigt uns, und zwar nicht nur da, wo das jüngste Segment ungetheilt ist, dass die Scheitelzelle ihr Volumen im Durchschnitt in einem Schritt verdreifacht, also nach jedem neugebildeten Segmente auf $^2/_3$ der Grösse, die sie vor der Theilung besessen, reducirt wird. Dies ist aber, wie gesagt, eine Durchschnittszahl. Die einzelnen Fälle lehren, dass die Scheitelzelle sich öfters nur verdoppelt oder auf das $2^1/_2$fache gesteigert, aber auch dass sie sich häufig vervierfacht, mitunter selbst verfünf- und versechsfacht hat. Fassen wir auf der anderen Seite gleiche Volumzunahme im ersten Schritt ins Auge, wie in Nr. 1, 4, 40, 49, 59, 60, 65 — 3, 13, 23, 48 etc., so finden wir schon im zweiten Schritt ganz verschiedene Aenderungen. Nehmen wir nun auch an, die Scheitelzelle wüchse jeweils nach der Theilung zur gleichen Grösse heran, und wir haben keinen Grund, dies zu bezweifeln und kein Mittel, es zu beweisen, so müssen wir doch, soll anders die Annahme berechtigt sein, dass die Segmente eines und desselben Vegetationspunktes in statu nascendi gleich gross seien, erwarten, dass, wie auch die absolute Grösse der Scheitelzelle beschaffen sein möge, doch für die gleiche Species und mindestens für die gleiche Zeit einmal das Verhältniss der Scheitelzelle zum neugebildeten Segment und dann die Intensitätsänderung in den folgenden Schritten eine annähernd constante Grösse sei.

Trifft, wie hier, weder das eine noch das andere zu, wechselt beides von Individuum zu Individuum unter gleichen äusseren Verhältnissen, so haben wir nicht einmal das Recht, auch nur eine individuelle, wenn gleich von Individuum zu Individuum sich ändernde Constanz dieser Verhältnisse vorauszusetzen, vielmehr werden wir mit zwingender Nothwendigkeit zur Annahme geführt, dass hier ein und derselbe Scheitel successive sehr ungleiche Segmente von seiner jeweiligen Scheitelzelle abtrennen und dass sich diese Segmente überdies, selbst wenn sie im status nascendi gleich waren, in den folgenden Schritten sehr ungleich verhalten können.

Damit fällt aber jeder Werth der Einzelbestimmung. Nur auf Grund einer grossen Zahl solcher, wie in den vorstehenden Tabellen, ist man noch berechtigt, ganz allgemein zu sagen: die relative Volumzunahme hat in der Scheitelzelle ein Maximum, die absolute ein Minimum.

Mir scheinen diese ganzen Verhältnisse ein sehr instructiver Beweis — falls überhaupt noch einer nöthig — für die Sachs'sche Auffassung zu sein, dass die Zelltheilung eine dem Wachsthum durchaus untergeordnete Erscheinung secundärer Natur sei. Sie kann zwar bei derselben Species resp. Gruppe

innerhalb gewisser Grenzen, wie oben gezeigt, variiren, Grenzen, die sich ganz allgemein dahin bestimmen lassen: das Gesammtwachsthum als solches darf dadurch nicht alterirt werden.

Westermaier, von Schwendener secundirt, gibt sich alle mögliche Mühe, einen Compromiss zwischen der Schleiden-Nägeli'schen »Hegemonie der Zelle« und dem Sachs'schen Gesammtwachsthum zu Wege zu bringen, wobei es, beiläufig bemerkt, sehr stört, dass er »äussere Umrisslinie« mit »Gesammtwachsthum« identificirt, während erstere doch offenbar eine Folge des letzteren ist. Er entscheidet sich dahin, »dass die Form der Pflanzenorgane und die Individualität der Zelle gleichzeitig als maassgebende Momente für die Zellanordnung ins Auge zu fassen sind, wobei indess unentschieden bleibt, wie viel dem einen und wie viel dem anderen zuzuschreiben ist.« Das klingt ganz schön, wenn man nur etwas genauer wüsste, was man sich denn eigentlich hier unter Individualität der Zelle vorstellen soll. Wenn wir von Gesammtwachsthum sprechen, verstehen wir darunter doch wohl die Gesammtheit der dem Plasma inhärenten, in Form- und Volumänderungen, bei verschiedenen Pflanzen verschieden, sich äussernden Kräfte. Ueber ihr eigentliches Wesen wissen wir einstweilen nichts; wir kennen nur ihre sichtbare Resultante: Umriss des Ganzen, Art und Weise der inneren Fächerung und dies können wir im Wesentlichen nur registriren und unter allgemeine Gesichtspunkte stellen. Mit der Individualität der Zelle kommen wir nicht weiter. Das ist ein Wort; doch mit Worten lässt sich bekanntlich trefflich streiten. Was man etwa als Wirkungen der Zellindividualität aufführen könnte, ist doch weiter nichts als eine Umschreibung der thatsächlich beobachteten Theilungsweise. Wollen wir von Individualität der Scheitelzelle sprechen, so kann darunter doch nur derjenige Theil der dem Gesammtplasma innewohnenden Kräfte aufgefasst werden, der zufällig innerhalb der Wände der jeweiligen Scheitelzelle eingeschlossen ist. Bei derartigen Schwankungen in der Wachsthumsintensität, bei solcher Verschiedenheit der relativen wie absoluten Grösse der von der Scheitelzelle derselben Species gebildeten Segmente im status nascendi können wir dann aber doch nicht umhin, die Individualität der verschiedenen Scheitelzellen als verschieden anzunehmen. Dies gilt sogar für dieselbe Scheitelzelle in successiven Schritten. Bleibt nun aber das Gesammtbild des Vegetationspunktes trotzdem völlig das gleiche, so scheint mir das Beweis genug zu sein, die äussere Form wie die Zellanordnung lediglich als Resultante des Gesammtwachsthums auffassen zu müssen, bei dem dann die sogenannte Individualität der Scheitelzelle nicht anders, wie die jeder anderen Zelle betheiligt ist, in keinem Falle jedoch, als Theil des Gesammtwachsthums »auf 0 herabsinken« kann.

Hiermit verlasse ich die Scheitelzelle und bemerke nur kurz noch, dass die Bedeutung, die heutzutage der Scheitelzelle zukommt, wie Westermaier bereits richtig hervorhob (l. c. S. 452), nicht abhängig ist von der Schnelligkeit ihres Wachsthums im Vergleich mit dem ihrer Tochterzellen, der Segmente, dass sie auch nicht in der absoluten Menge des von ihr im Verhältniss zu den Segmenten gelieferten Materials liegt, sondern einzig und allein darin, dass sämmtliche Zellen des eine Scheitelzelle besitzenden Organs nachweisbare Descendenten der einen am Scheitel befindlichen Zellgeneration (resp. Zelle, je nach der Auffassung) sind.

Damit scheint mir die Sachs'sche Definition derselben als eine »Lücke im Constructionssystem der Zellwände« in keiner Weise im Widerspruch zu stehen oder gar eine »Degradation« der Scheitelzelle zu bedeuten, denn diese Definition geht lediglich von constructiv geometrischen, die andere von rein entwickelungsgeschichtlichen Gesichtspunkten aus, die beide einander nicht widersprechen.

Resultate.

1) Sämmtliche untersuchten, dorsiventralen Farne (*Pteris aquilina* ausgenommen) besitzen eine dreischneidige Stammscheitelzelle. Zwei- und vierschneidige kommen nur selten als vorübergehende Abnormitäten vor. Bei der zweischneidigen Stammscheitelzelle von *Pteris aquilina* dagegen sind Abweichungen von der typischen Theilungsweise ungemein häufig, ohne jedoch irgend welche Gesetzmässigkeiten erkennen zu lassen.

2) Bei *Polypodium vulgare* bildet jedes Segment der beiden dorsalen Segmentzeilen ein Blatt.

3) Die Blattanlage als solche ist erst im vierten bis sechsten Segment kenntlich und erscheint nicht an ein bestimmtes Alter oder einen bestimmten Theil eines Segmentes gebunden.

4) Die Blattscheitelzelle ist stets zweischneidig (dreischneidige kommen gelegentlich, aber nur als Uebergangsgebilde bei der Constituirung der Scheitelzelle vor).

5) Die Seitensprosse entstehen aus einer oberflächlichen Zelle am Vegetationspunkt als durchaus selbständige Gebilde nicht axillärer Natur.

6) Die Entwickelung der Blätter von *Pteris aquilina* dauert vier Jahre.

7) Die absolute Grösse der Scheitelzelle ist eine sehr schwankende, nicht nur bei verschiedenen Species, sondern auch bei der nämlichen, zu gleicher Jahreszeit, gleichem Alter des jüngsten Segmentes und gleicher Stärke des Rhizoms; dünnere Rhizome haben in der Regel kleinere Scheitelzellen.

8) Am Vegetationspunkt nimmt in den ersten drei bis vier Segmenten im Durchschnitt das absolute Wachsthum von der Scheitelzelle aus continuirlich zu, das relative ab.

9) Die Wachsthums- wie die Theilungsgeschwindigkeit der Stammscheitelzelle ist eine äusserst geringe; im Jahre erfolgen nur einige wenige Theilungen.

10) Die Aenderung der Wachsthumsintensität ist bei der gleichen Species, zur gleichen Zeit und bei gleichem Alter des jüngsten Segmentes bei den einzelnen Individuen sehr ungleich.

11) Die von einer und derselben Scheitelzelle abgeschiedenen Segmente sind im status nascendi keineswegs immer gleich, häufig sogar sehr verschieden gross.

12) Auch im status nascendi gleiche Segmente verhalten sich bezüglich der Wachsthumsintensität in successiven Schritten sehr verschieden von einander.

Untersuchungsmaterial.

(Es sind die Pflanzen unter dem Namen aufgeführt, den sie in den botanischen Gärten: Göttingen, Karlsruhe (*) und Strassburg (**) trugen.)

*Polypodium aureum, cymatodes, decurrens, fraxinifolium, Heracleum, irioides, Lingua, loriceum, lycopodioides, longissimum, musaefolium, neriifolium, Phyllitidis, punctulatum, quercifolium***, repens, rupestre, squamulosum, taeniosum, vulgare.*

*Allosurus rotundifolius***, falcatus***.

*Chrysodium flagelliferum**.

*Davallia Mooreana**, ebenina**, divaricata**, Denhami**.

*Dennstädtia platyphylla**.

*Dicksonia rubiginosa**.

*Diplazium Thwaitesii**.

*Goniophlebium glaucum**, saccatum**.

*Gymnogramme caudiformis**.

Hypoderris Brownii.

*Lomariopsis scandens**.

*Lygodium circinatum**, scandens**.

*Meniscium simplex**.

*Mikrolepia platyphylla**, trichosticha**.

*Oleandra hirtella**, nodosa**.

*Phegopteris Dryopteris, Robertiana***.

*Platycerium alcicorne***.

*Polybotrya Meyeriana***.

*Pteris aquilina, laciniata**, Japonica***, vespertilionis***.

Tafelerklärung.

Die Abbildungen sind nach meinen besten Präparaten sämmtlich bei 280facher Vergrösserung mit dem Prisma gezeichnet; bei derselben Vergrösserung sind auch die Messungen ausgeführt. Beim Lithographiren der Tafel wurden die Zeichnungen sämmtlich auf die Hälfte verkleinert.

Die eingeklammerten Daten bezeichnen die Zeit, zu welcher das Untersuchungsmaterial gesammelt wurde.

Polypodium vulgare.

Fig. 1 (15. April 1881), Fig. 2 (12. Juli 1881). Dreischneidige Scheitelzelle, rechts oben die Initiale der jüngsten Blattanlage, aus der später durch entsprechende Segmentirung die Blattscheitelzelle hervorgeht.

Fig. 3 (28. März 1881). Stammscheitelzelle mit vorgeschrittener Blattanlage, deren grosse zweischneidige Scheitelzelle bereits zwei (drei?) Segmente abgeschieden hat.

Fig. 4 u. 5 (11. Juni 1881). Stammscheitel mit ganz junger Blattscheitelzelle.

Fig. 6 (12. Juli 1882). Stammscheitelzelle mit eben sich bildender Blattscheitelzelle.

Fig. 7 (12. Juli 1882). Stammscheitel mit junger, scheinbar dreischneidiger Blattscheitelzelle.

Fig. 8 u. 9 (25. August 1881 u. 15. April 1882). Abnorme, scheinbar zweischneidige Stammscheitelzellen.

Fig. 10 und 11 (25. August 1881). Normale und abnorme Blattscheitelzelle.

Fig. 12 (November 1880). Stammscheitel mit junger Blattscheitelzelle und Seitensprossanlage (*S*); scheinbar abnorme Segmentirung.

Fig. 13 (25. August 1881). Nach der Stammscheitelzelle orientirte junge Seitensprossanlage.

Fig. 14 und 15 (25. August 1881 und 12. Juli 1881). Stammscheitel mit zwei jungen Blattanlagen.

Fig. 16. *Platycerium alcicorne* mit dreischneidiger Stammscheitelzelle.

Fig. 17. *Polypodium aureum* mit dreischneidiger Stammscheitelzelle.

Fig. 18[a]. *Polypodium Heracleum* (Pflanze mit bereits einzeilig gewordener Blattstellung), dreischneidige Stammscheitelzelle mit abnormer Segmentirung, Fig. 18[b]. Schema dazu.

Fig. 19. *Polypodium Heracleum* (zweizeilig beblätterte Keimpflanze). Stammscheitel mit dreizeiliger Segmentirung.

Fig. 20[a]. *Polypodium lycopodioides*. Vierschneidige Stammscheitelzelle in Folge abnormer Segmentirung; Fig. 20[b]. Schema dazu.

Fig. 21. *Phegopteris Dryopteris*. Dreischneidige Stammscheitelzelle mit junger Blattanlage.

Fig. 22. *Polypodium fraxinifolium*. Scheinbar ganz abnorme Blattscheitelzelle.

Pteris aquilina.

Fig. 23 (Ostern 1881). Stammscheitel mit abnormer Stamm- und junger Blattscheitelzelle.

Fig. 24 (Ostern 1881). Normaler (typischer) Vegetationspunkt mit zweischneidiger Stamm- und Blattscheitelzelle.

Fig. 25 (1. Juni 1883). Normale Stamm- und ganz junge Blattscheitelzelle (in der circa vierfachen Entfernung [wie Blatt 1] von der Stammscheitelzelle stand rechts oben noch in der gleichen Meristemgrube das zweitjüngste Blatt).

Fig. 26 (29. Juli 1882). Abnorme Stammscheitelzelle mit jungem Blatt.

Fig. 27 (29. Juli 1882). Abnorme Stammscheitelzelle.

Fig. 28 (29. Juli 1882). Normale Stammscheitelzelle mit entwickelter Blattscheitelzelle.

Fig. 29. Ganz junge, blattstielständige Seitenknospe, nach dem Hauptvegetationspunkt orientirt, mit abnormer Stammscheitelzelle und Blattinitiale.

Fig. 30 und 31 (Mitte Juli 1881). Abnorme Stammscheitelzelle.

Fig. 32 und 33 (29. Juli 1882). Abnorme und normale Stammscheitelzelle mit ganz junger Blattscheitelzelle.

Fig. 34 und 35 (29. Juli 1882). Normale Stammscheitelzellen mit Blattinitialen.

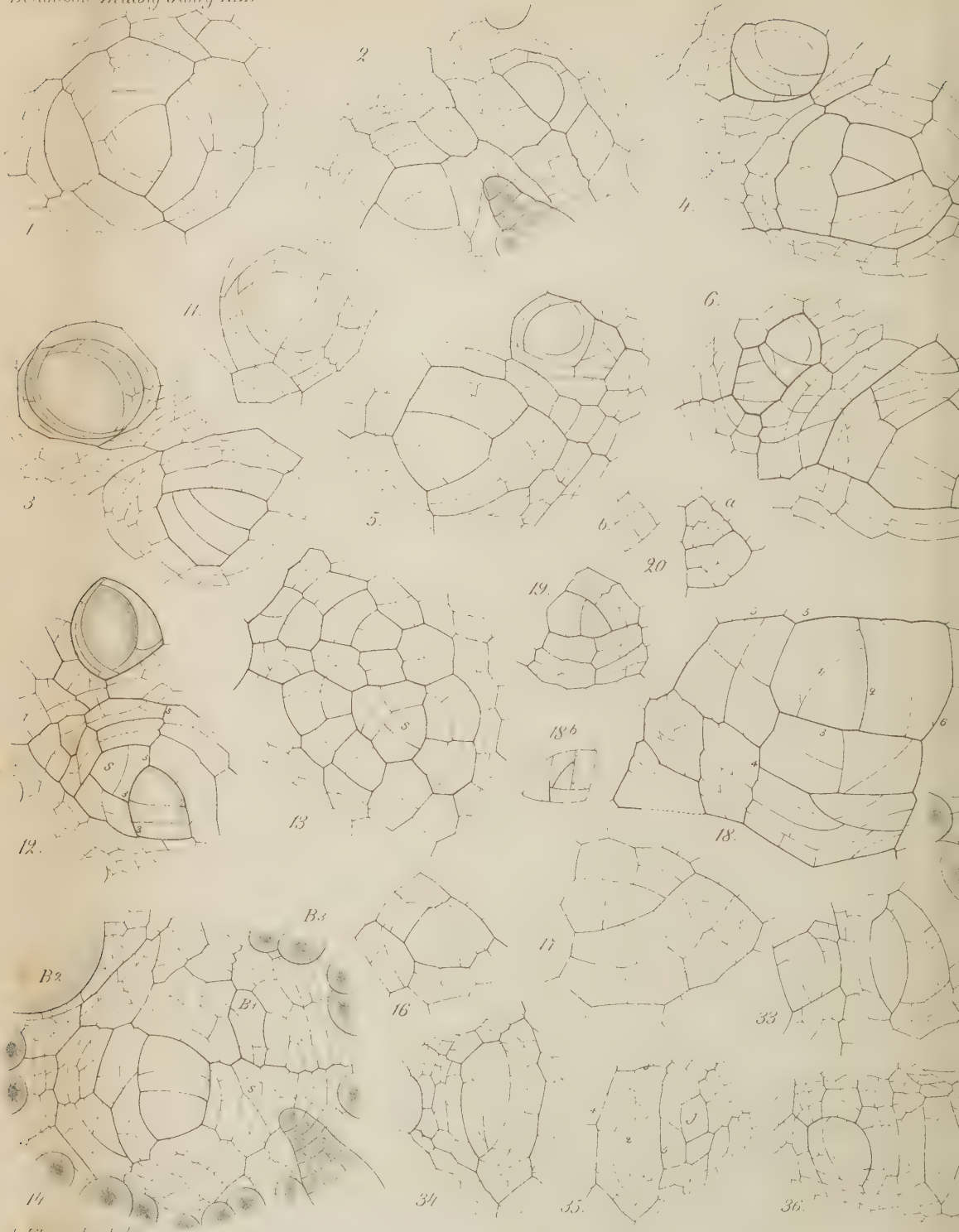
Fig. 36 (29. Juli 1882). Abnorme Stamm- und Blattscheitelzelle.

Fig. 37 (Ende August 1882). Abnorme Stammscheitelzelle mit älterer Blattscheitelzelle.

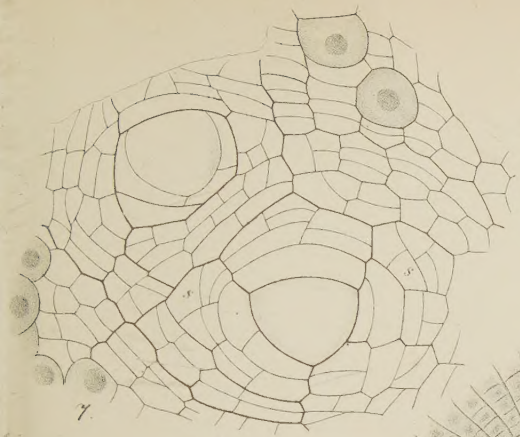
Fig. 38 (Anfang October 1881). Abnorme Stammscheitelzelle mit älterer Blattscheitelzelle.

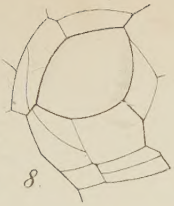
Strassburg, 23. April 1884.

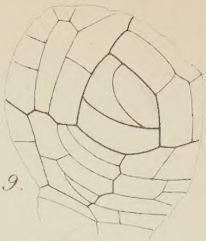
Separat-Abdruck aus der Botanischen Zeitung 1884. No. 37—41. — Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

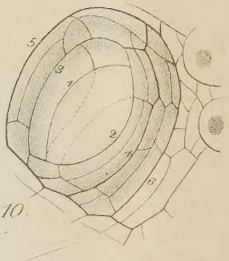


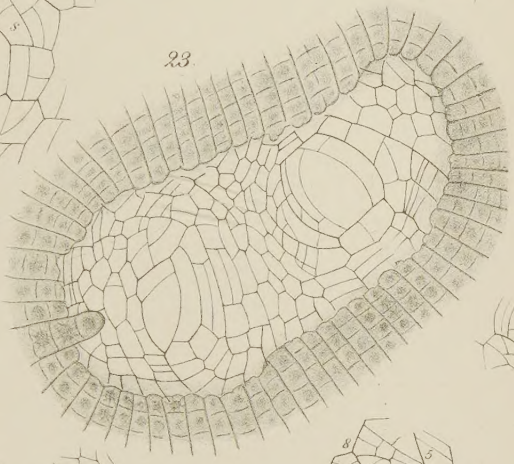
L. Klein ad nat. del.

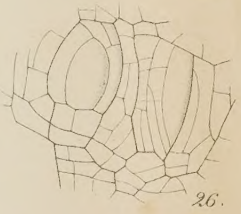

7.

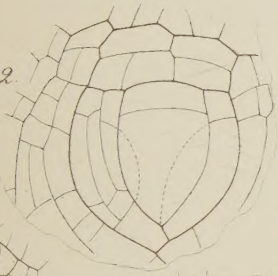

8.

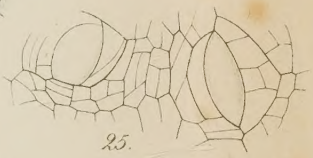

9.

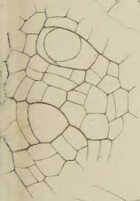

10.

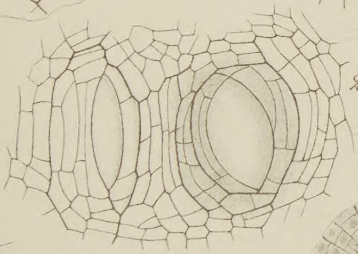

23.

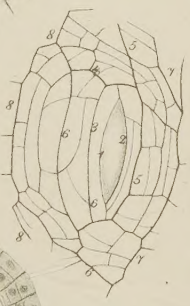

26.

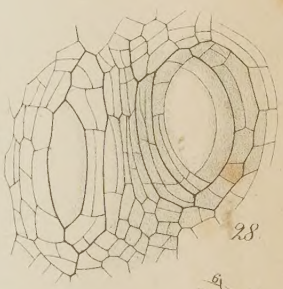

22.

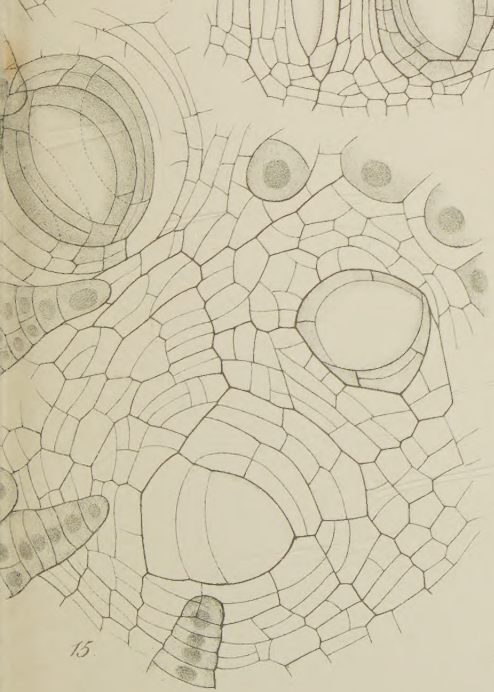

25.

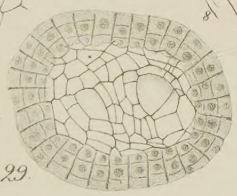


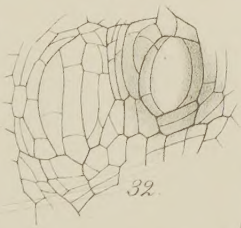

24.

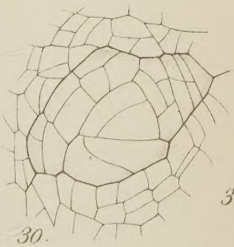

27.

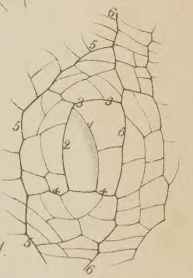

28.


15.

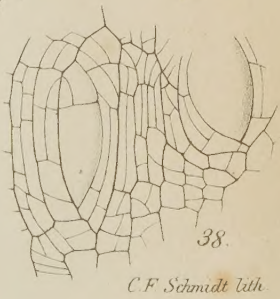

29.


32.


30.


31.

37.


38.

C.F. Schmidt lith.